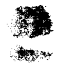
سلسلة : البيئـــة و التلـــوث
العدد (٧)

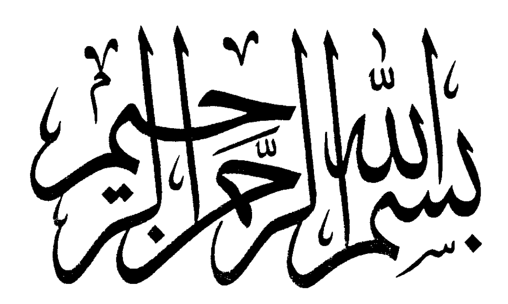
الزراعة و تلوث الماء

دكتور
السيد أحمد الخطيب
Ph. D. University of W. Virginia (USA)
أستاذ علوم الأراضي و المياة - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية
و الحائز على
جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الزراعية عام ١٩٩٣
و نوط الإمتياز من الطبقة الأولى

٢٠٠٤

المكتبة المصرية
للطباعة والنشر والتوزيع
٣ ش أحمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية
تليفاكس ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨
محمول ٠١٢٤٦٨٦٠٤٩




بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

التلوث البيئي يمثل أحد المشكلات الهامة التي تواجه البشرية في عصرنا الحاضر نتيجة للنشاط الإنساني المتزايد في كافه مجالات الحياة . ولأن التلوث البيئي له أبعاد خطيرة على صحة الإنسان فإن قضيه التلوث أصبحت تمثل أولوية من أولويات العصر وستظل من أهم الموضوعات التي تشغل فكر العالم في القرن الواحد والعشرون .

ولكي نستعرض معا سلم تصاعد المشاكل البيئية والتلوث فأننا محتاجون بداية إلى توضيح الإطار الذي تنشا فيه هذه المشاكل على مختلف المستويات البيئية وبتعبير أدق على المحيط الحيوي مائة وهواؤه وأرضه . ولقد عرف العالم الروسي فرنادسكى vernadsky المحيط الحيوي بأنه ذلك الحيز على كوكب الأرض الذي توجد فيه الحياة بمختلف أنواعها بصورة طبيعية ويشمل الطبقات السفلي من الغلاف الجوى وسطح الأرض من أعلى إلى أسفل وما يشتمل من جبال وسهول ووديان وتحت سطح الأرض والمحيط المائي بأنهاره وبحيراته وبحارة ومحيطاته فالمحيط الحيوي إذن هو مصدر كل المدخلات التي نحتاج إليها والمصب التي تنتهي إليها كل المخرجات الناجمة عن العمل على تدبير احتياجاتنا . ويحتوى المحيط الحيوي على وحدات كل وحدة تمثل نظام بيئي يحتوى على الكائنات الحية وعناصر غير حيه والطاقة . يجمع بين هذه العناصر جميعا عمليات بيئية وحيوية تنظم العلاقات فيها وتستوفى الترابط بينها في إطار التوازن الذي يحفظ للنظام البيئي صحته . ويمكن للنظام البيئي أن يستوعب كميات معينة من المخلفات دون أن يتدهور حالة لذلك علينا عدم تجاوز قدرة النظام البيئي على هضم المخلفات التي نقذف بها فيه حتى لا يتلوث تلوثاً يضر بالإنسان والحيوان على حد سواء.

نص ميثاق اليونسكو الذي صنع في أعقاب الحرب العالمية الثانية بأن " الحرب تبدأ في عقول الناس" وبالتبعية وبالقدر نفسة فإن الحرص على سلامة البيئة والوعى بمقتضيات هذه السلامة يبد آن في عقول الناس . لذلك فإن رفع المستوى التعليمي والثقافي وتنمية الوعي البيئي للأفراد هي مسئوليه جماعية يتطلب الاقتناع التام بمسئولية الأفراد تجاه البيئة وحرصهم على سلامتها وصحتها .

وواقع مشكلة التلوث البيئي – كما نراها – يتمثل في أن قسما كبيراً من سكان الدول النامية لا يزال بعيداً كل البعد عن قضايا البيئة وللأسف الشديد فإن هذا القسم يشمل الأفراد الذين يسيئون إلى البيئة في جزيئات حياتهم اليومية وكذلك المسئولون اللامبالين بمراعاة الاعتبارات البيئية في أعمال الأجهزة والمؤسسات التي يرعونها .

من أجل ذلك أيها القارئ الكريم فلقد قام الكاتب بإصدار سلسلة " البيئة والتلوث" بهدف تنمية الوعي البيئي لدى الأفراد في مجتمعنا واجتذاب القراء للتعاطف والاهتمام بقضايا البيئة والمشاركة في الحفاظ عليها وأيضاً سحب الأفراد من مساحة اللامبالين بالبيئة إلى جيش الداعين إلى صوبها .

ويتناول الكتاب السابع في هذه السلسلة المعلومات الهامة عن الزراعة وتلوث المياه ويشتمل على خمسة فصول يتناول الفصل الأول منها الماء العذب من حيث كميته ونوعة على الأرض واستهلاكه وأهميته والاحتياجات والموارد المائية لمصر في الحاضر والمستقبل أما الفصل الثاني فيتناول الزراعة وتلوث المياه وأقسام مصادر التلوث غير المباشرة ومدى مساهمة الزراعة في التلوث وتأثير الممارسات الزراعية على جودة الماء والقرارات المتعلقة بالتحكم في مصادر التلوث غير المباشرة وتم التركيز في الفصل الثالث عن دور الترسبات في تلوث الماء وانتقالها مع شرح لانجراف الأراضي والأضرار الناتجة عنه والنماذج الرياضية للتنبؤ به والعوامل المؤثرة عليه .

وتعرض الفصل الرابع عن دور الأسمدة في تلوث الماء والممارسات الزراعية المثلى لحماية الماء من التلوث بعنصري النيتروجين والفوسفور كما تناول الفصل الخامس دور المبيدات في تلوث المياه والعوامل المؤثرة على حركة المبيدات في التربة والماء مع التعرض للخبرة الأوروبية في كيفية حماية المياه من التلوث والمبيدات .

أسال الله أن يتحقق الهدف المنشود من تأليف هذا الكتاب وأن يجد منه القراء على اختلاف اهتماماتهم العون والفائدة .

والله ولى التوفيق ،،،

أ.د السيد أحمد الخطيب

الإسكندرية ٢٠٠٤

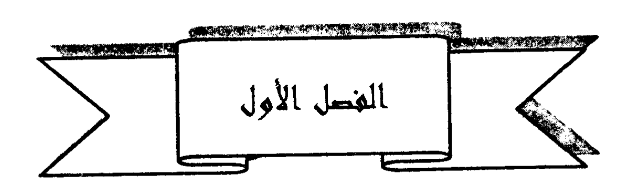


المحتويات

الموضوع	الصفحة

الموضوع | الصفحة

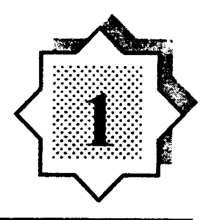
الموضوع	الصفحة



الماء العذب

- ❖ كمية ونوعية المياه على الأرض .
- ❖ استهلاك الماء العذب .
- ❖ أهمية الماء .
- ❖ المياه في مصر .
- ❖ تلوث نهر النيل .





الماء العذب

كمية ونوعية المياه على الأرض

قدر العلماء حجم الماء في الكرة الأرضية بحوالى 1385 بليون كيلو متر مكعب بغطى حوالى ثلاثه أرباع مسطح الكرة الأرضية متمثله في المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات والثلاجات . وتوزيع الماء على أجزاء الكرة الأرضية يختلف من موسم إلى أخر ولكن الكمية الكلية للماء على سطح الكرة الأرضية تظل ثابته .

معظم المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية هى مياه مالحه وتبلغ نسبتها حوالى 97.47% من الماء الكلى بينما تبلغ نسبة المياه العذبة المتواجدة على سطح الأرض 0.0103% فقط من المياه الكلية ويوضح الجدول رقم (1-1) الأنواع والأحجام التقديرية لمخزن المياه المتواجدة في الكرة الأرضية .

جدول رقم (1-1): مخزن المياه في الكرة الأرضية ($1000\ km^3$)

	الحجم	% الماء الكلى	% الماء العذب
مخزون الماء المالح			
١. محيطات	1338000	96.54	-
٢. ماء جوفى/مالح	12870	0.93	-
٣. ماء بحيرات مالح	85	0.006	-
المخزون الكلى للماء المالح	1350955	97.476	-
مخزون الماء العذب			
٤. غطاء ثلجى دائم/ ثلاجات	24064	1.74	68.7
٥. ماء جوفى عذب	10530	0.76	30.06
٦. ثلج تحت سطحى	300	0.022	0.86
مخزون المياه العذبة المجمدة والمياه العذبة الجوفية	34894	2.522	99.62
٧. مياه بحيرات عذبة	91	0.007	0.26
٨. الرطوبة الأرضية	16.5	0.001	0.05
٩. بخار الماء الجوى	12.9	0.001	0.04
١٠. الأراضى الغدقة	11.5	0.001	0.03
١١. أنهار	2.12	0.0002	0.006
١٢. موجودة فى الغطاء النباتى	1.12	0.0001	0.003
مخزون المياه العذبة بدون المتجمدة وغير المياه الجوفية	135	0.0103	0.389
مخزون المياه العذبة الكلية	35029	2.5323	100
الماء الكلى على الأرض	1385984	100	-

Source: Adapted from Peter H. Gleick. The World's Water 2000-2001. washinghon, DC: Island Press, 2000.

Note: Totals may not add due to rounding.

في دراسات العقد المائى الدولى Int. Hydrology Decade أوضح الباحثون الروس أن احتياطى الماء العذب في العالم وفى جملته ماء الأنهار والبحيرات والماء الجوفى وحقول الثلج والأنهار الجليدية يبلغ نحو 35 مليون

كم³ أو نحو 2.5% من مجموع ماء الأرض ولكن الكمية المتاحة من هذا المقدار بسهولة ويسر أقل كثيراً من ذلك إذ أن 70% من هذا الاحتياطى متجمد في ثلوج وجليد المنطقة القطبية الشمالية وقارة انتاركتكا بالقطب الجنوبى وجرينلند ويقدر ما بباطن الأرض من الماء العذب بنحو 10.5 مليون كم³ ويشكل هذا الاحتياطى أحد المصادر الرئيسية لكثير من البلاد .

فمشكلة البشر ليست عدم كفاية الماء بالأرض وإنما محدودية كمية الماء العذب وهو حوالى 35000 كليو متر مكعب وحتى هذا القدر من الماء لا يمكن استغلاله جميعه فيقدر الماء العذب القابل للأستخدام سنويا بحوالى 12500 كيلو متر مكعب .

استهلاك الماء العذب

كان متوسط استهلاك الفرد من الماء العذب في بداية القرن العشرين نحو 240 م³/ سنه وقد زاد نحو 3 مرات لازدياد سكان المدن زيادة كبيرة ومن المتوقع أن يصل هذا الاستبلاك إلى 1130 م³ / سنه في 2015 وقد تضاعف عدد سكان العالم منذ سنه 1900 ولكن أجمالى الاستهلاك السنوى من الماء قد زاد سبع مرات من 400 كم³ إلى 2800 كم³ /سنه في بداية القرن العشرين أى نحو عشرين ضعفا كما زاد استهلاك الزراعة ست مرات من 350 كم³ إلى 2100 كم³ سنويا ومن المتوقع أن يصل استهلاك الماء الحضرى إلى 630 كم³ /سنه وجمله ما يستهلك العالم 850 كم³ / سنه أى أن موارد الماء سنه 2015 سوف تكون على وشك النفاذ في الأقاليم المسكونة بالكرة الأرضية ولعلاج هذا الموقف يجب أن يعاد النظر في استخدام الماء بالمناطق قليلة السكان التى يتوفر فيها قدر كبير من الماء العذب .

أهمية المياه

يكون الماء 60-70% من أجسام الكائنات الراقية بما فيها الإنسان ويكون حوالى 90% من أجسام الأحياء الدنيا .

- الماء هو الوسط الذى تجرى فيه العمليات الحيوية التى بدونها تنهار الحياه .
- لو لا الماء لما أمكن للنباتات الخضراء أن تقوم بصنع الغذاء في عملية البناء الضوئى .
- بدون الماء لا يمكن لخلايا الجسم الحى أن تحصل على الغذاء . لأن الماء هو المكون الرئيسى لأجهزة نقل الغذاء في الكائنات الحيه .
- الماء هو الذى يحمل السموم والفضلات إلى خارج الجسم .
- يعيش في الماء حوالى 90% من الأحياء التى تعمر الغلاف الحيوى .
- يحوى ماء البحار والمحيطات معظم معادن الأرض بكميات تفوق كمياتها في اليابسة .
- تعتمد الزراعة على الماء وهى أساس إنتاج الغذاء . فالأرز وهو غذاء رئيسى لملايين البشر ، يزداد محصوله بارتفاع نسبه أرضه المروية ويحتاج إنتاج الرطل من الأرز (0.45 كجم) إلى حوالى 520 جالون (الجالون يساوى 3.8 لتر) من الماء بينما رطل القمح يحتاج حوالى 60 جالون من الماء . ورطل اللحم يحتاج إنتاجه إلى من بين 2500-6000 جالون من الماء (على أساس أن الحيوان يتغذى على النباتات ، كما أنه يستهلك ماء للشرب) أما إنتاج ربع جالون من الحليب فيلزمه حوالى 1000 جالون من الماء .
- يستخدمه الإنسان في النظافة والملاحة والطهى والبناء وغيرها من

العمليات الهامة .

- تعتبر البحار والمحيطات من أكثر عناصر الحياه أهمية . فهى التى تحدد معالم المناخ وقد انطلقت منها كل أنواع الحياه ، وهى مصدر حيوى للطعام لنصف سكان العالم ، كما أنها مصدر هام للسياحة لكثير من الدول وتنتج المياه الساحلية حوالى 90% من الموارد البحرية الحيه.
- يعتمد أكثر من نصف سكان البلدان النامية على الأسماك البحرية للحصول على 30% من استهلاكهم من البروتين الحيوانى .

المياه في مصر

يعتبر نهر النيل المصدر الأساسى للمياه العذبة في مصر وتشترك مع مصر ثمان دول أخرى في مياهه هى إثيوبيا ، كينيا ، أوغندا ، تنزانيا ، رواندا ، السودان ، زائير ، بوروندى ، وطول نهر النيل 6825 كم ومساحة حوضه حوالى 2960 كم^{٣} وتبلغ حصتنا من مياهه حوالى 55.50 مليار متر مكعب سنويا من مجموع 174 مليار م^{٣} هى حصيلة الأمطار التى تسقط على المنطقة الاستوائية .

وتستغل دول الحوض من مياه النيل حوالى 78 مليار متر مكعب ، يستخدم 69 مليار منها في الزراعة بنسبة 88% من جمله المياه المسحوبة من النهر . وتستهلك مصر وحدها 71% من هذه الكمية ويستهلك السودان 23% منها وتستهلك باقى الدول الحوض مجتمعه 6% منها .

تستخدم دول الحوض 9.4% من كمية المياه المسحوبة من النهر في الأغراض المنزلية وحوالى 2.4% من هذه الكمية في الصناعه وتبريد المولدات الكهروحرارية .

الاحتياجات والموارد المائية الحالية

طبقا لأرقام عام 1990 فإن المتوفر لمصر من المياه سنويا حوالى 63.50 مليار م^3 وهى كالآتى :-

- 55.50 مليار م^3 من مياه النيل ، 2.6 مليار م^3 من المياه الجوفية السطحية وحوالى 0.5 مليار م^3 من المياه الجوفية العميقة ولديها من مياه الصرف الزراعي حوالى 4.7 مليار م^3 ، ومن المياه المعاد تنقيتها حوالى 0.2 مليار م^3 وبذلك يكون جمله الموارد المائية في مصر هى 63.50 مليار متر مكعب تستهلك مصر حوالى 97% منها .

كان نصيب المواطن في مصر من مياه النيل عام 1950 حوالى3000 م^3 /سنه ، ونقص هذا النصيب الآن ليصبح 950 م^3/ سنه ، ولو قارنا هذا النصيب بنصيب الأفراد في دول أخر فسوف نجد أنه في بعض الدول الأوروبية ودول أمريكا الجنوبية والشمالية يقدر بحوالى 32000 م^3 /سنه ، وفى زائير بحوالى 31500 م^3 /سنه ، وفى أوغندا بحوالى 30600 م^3/ سنه وفى إثيوبيا حوالى 24000 م^3/ سنه وفى رواندا بحوالى 6780 م^3/ سنه وفى كينيا بحوالى 1535 م^3/ سنه وفى الأردن بحوالى 200 م^3/ سنه ، وتعتبر مصر من أفقر 35 دولة في العالم في ملكيتها لموارد المياه العذبة (حد الفقر المائى 1000 م^3/ سنه) .

تستهلك الزراعة على مستوى العالم حوالى 69% من المياه العذبة ، بينما تستهلك الصناعة حوالى 23% أما الاستعمالات المنزلية فتستهلك حوالى 8% .

في أمريكا 33% للزراعة　54% للصناعة　13% للاستخدام المنزلى

في أوروبا 35% للزراعة　38% للصناعة　27% للاستخدام المنزلى

في مصر 87.7% للزراعة　5.45% للصناعة　6.8% للاستخدام المنزلى

- تتسبب طرق الرى غير المناسبة والمجارى المائية المكشوفة وغير



الزراعة وتلوث المياه

Agriculture and Water Pollution

الزراعة وتلوث المياه

استخدام المياه في الزراعة يلي في أهميته استخدام المياه في الشرب لأن الزراعة تعتبر المكون الرئيسي للاقتصاد العالمي وقد أدت الرغبة في زيادة إنتاج الغذاء لمقابلة الزيادة المطردة في أعداد السكان إلى تغيير كثير من الممارسات الزراعية مثل الاعتماد بدرجة أكبر على الري والاستخدام المفرط للأسمدة والمبيدات الزراعية بهدف الحصول على أعلى محصول . وأوضحت منظمة الأغذية والزراعة (FAO 1990) في استراتيجيتها أن كفاءة استخدام الماء في تطوير الزراعة المستدامة يعتبر التحدي الذي يواجه العالم لتأمين الغذاء في القرن الحادي والعشرين .

والزراعة المستدامه تعتبر أحد التحديات الكبرى التي تواجه المجتمع الدولي في يومنا هذا . فالاستدامة تعطى انطباعا أن الزراعة لا تعنى تأمين الإمداد الغذائي ولكن أيضا الحفاظ على البيئة وصحة الإنسان .

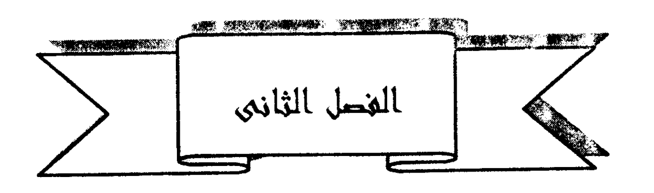
وتعرف منظمة الأغذية والزراعة تطوير الزراعة المستدامه كما يلى :

إدارة وصيانة المصادر الطبيعية وتوجيه التغييرات التكنولوجية والمؤسسية بطريقة تسمح بالوفاء باحتياجات البشر في الحاضر والعصور القادمة مع ضرورة تطوير الاستدامة في الزراعة والغابات والأسماك عن طريق صيانة الموارد الأرضية والمائية والنباتية والحيوانية بطريقة تحافظ على البيئة باستخدام تكنولوجيا مناسبة ممكنة اقتصاديا ومقبولة اجتماعيا .

الزراعة تعتبر من أكبر المستهلكين لمصادر المياه العذبة حيث تستهلك الزراعة حوالي 70% من إمداد المياه السطحية باستثناء الماء الذي يفقد خلال البخر نتح لأن هذه المياه تعود ثانية إلى الماء السطحي والماء الجوفي . وعلى الرغم من ذلك نجد أن الزراعة تعتبر أحد الأسباب الهامة لتلوث المياه وأيضا تعد ضحية لهذا التلوث فالزراعة تلوث المياه نتيجة الممارسات الزراعية الخاطئة وتملح الأراضي المروية مما ينتج عنه انتقال الملوثات والترسبات من الأراضي إلى المياه كما أن الزراعة تعتبر ضحية للتلوث لأن استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة والمياه السطحية والجوفية الملوثة يؤدى إلى تلوث المحاصيل ونقل الأمراض إلى المستهلكين والعمال الزراعيين .

شددت منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 1993) على ضرورة اتخاذ الخطوات المناسبة لضمان عدم تأثر جودة المياه بالأنشطة الزراعية وذلك عن طريق :-

- إنشاء نظام فعال لمراقبة استخدام الماء فى الزراعة .
- منع التأثير الضار للأنشطة الزراعية على جودة المياه من خلال الاستخدام الأمثل للمدخلات في الزراعة وخفض أي استخدامات من خارج المزرعة .
- وضع المعايير الخاصة بجودة المياه (فيزيائيا وكيميائيا وبيولوجيا) المستخدمة في النظم الزراعية .



الزراعة وتلوث المياه

- ❖ جودة المياه- مطلب عالمي .
- ❖ أقسام مصادر تلوث المياه غير المباشرة .
- ❖ تأثير الزراعة على جودة المياه والصحة العامة .
- ❖ القرارات المتعلقة بالتحكم في مصادر التلوث غير المباشرة .



تلويث نهر النيل في مصر

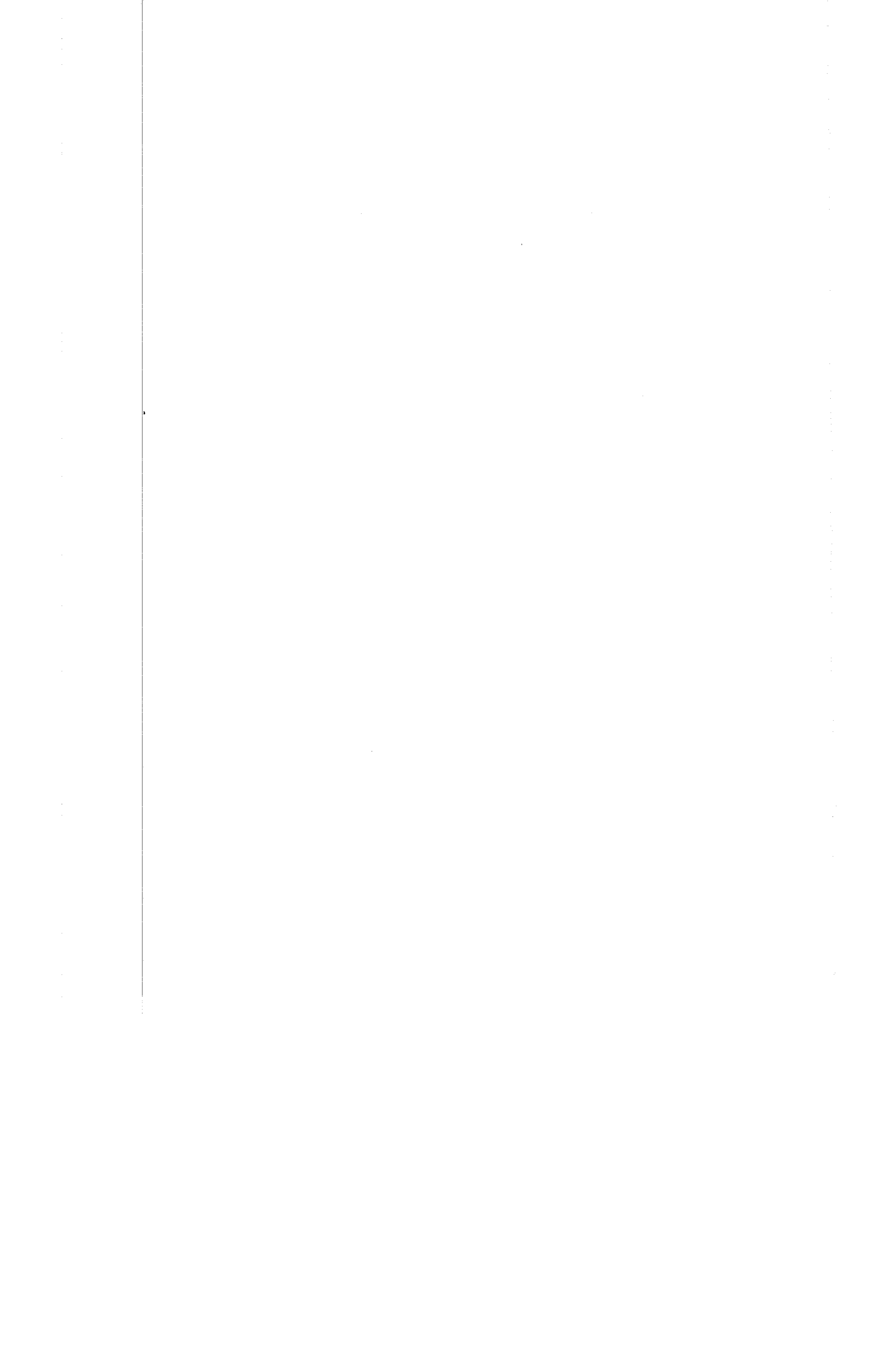
- يتم تلويث النيل في مصر بمخلفات الصرف الصناعى والصرف الزراعي المحملة بالمبيدات الحشرية والمخصبات الكيميائية وبمخلفات الصرف الصحى من كل المدن والقرى التى تقع عليه ، وكذلك صرف السفن والفنادق العائمة ، ومن تلوث ناتج عن الحشائش المائية والطحالب والحيوانات النافقة والقمامة والملوثات التى يحملها الهواء ، بالإضافة إلى تلويث شواطئة بالمنشآت المختلفة .

- يقدر الصرف الصناعى في مصر بحوالى 549 مليون م^3/ سنه يصرف منه في النيل وفروعه وفى الترع دون اى معالجه حوالى 315 مليون م^3/سنه كما يلقى من هذه المخلفات الصناعية حوالى 118 مليون م^3/سنه في المصارف ، وحوالى 77 مليون م^3 /سنه في مجارى الصرف الصحى ، وتحمل هذه المخلفات الصناعية معادن ثقيلة ومواد كيميائية وزيوت .

- يبلغ عدد المصارف الزراعية التى تصب في النيل وفى فرعيه 79 مصرفا ، تلقى حوالى 3500 مليون م^3/سنه وهى مخلفات محملة بالمبيدات والمخصبات والصرف الآدمى .

- يجرى في نهر النيل حوالى 175 فندقا عائما يستخدمها حوالى 12% من السياح ومعظم هذه الفنادق تلقى بفضلاتها وصرفها الصحى بدون معالجة في النيل إلا عندما ترسو على بعض المراسى القليلة المزودة بمحطات سحب .

- يجرى تدوير وإعادة استخدام المياه في كثير من دول العالم ، ففى أمريكا يعاد استخدام المياه 9 مرات ، وهناك سعى لكى تصل إلى 17 مرة .



المبطنة وسوء استخدام المياه النقية ، وسوء حاله الشبكات وسوء حال التجهيزات المنزلية في إهدار كمية هائلة من المياه .

الاحتياجات والموارد المائية في المستقبل

عندما يصل عدد سكان مصر إلى 86 مليون نسمة (عام 2025)فإن الموارد المائية التى تظل ثابتة تعجز عن مقابلة الاحتياجات المائية للأغراض المختلفة والتى تقدر 103.25 مليار متر مكعب كما ينخفض نصيب الفرد من الموارد إلى 637 متر مكعب (أقل من حد الاستقرار بـــ 363 متر مكعبا) وعلى ذلك فإن الفجوة (أ) (الموارد – الاحتياجات) تظهر ناتجا سلبيا قدرة 29.20 مليار متر مكعب بينما تبلغ الفجوة (ب) (الموارد – الاحتياجات على أساس نصيب الفرد 1000 متر مكعب) 11.95 مليار متر مكعب (جدول رقم 2-1) . وبتفاقم الفجوة (أ ، ب) ببلوغ حجم السكان 120 مليون نسمة وهو الحجم الافتراضى لثبات السكان حيث تظهر الفجوة (أ) عجزا قدرة 62.26 مليار متر مكعب ، وتظهر الفجوة (ب) عجزا قدرة 45.95 مليار متر مكعب . ويقدر حدوث هذا الحجم الإفتراضى لثبات السكان وما يترتب عليه من فجوات عام 2051 إذا استمرت معدلات الزيادة السكانية ثابتة .

جدول (1-1): الموارد والاحتياجات المائية الحالية والمستقبلية في مصر (مليار متر مكعب) .

العام	تعداد السكان (مليون نسمة)	الموارد المائية					متجددة %	الاحتياجات المائية				نصيب الفرد م³/سنة	فجوة الموارد المائية	
		تقليدية		غير تقليدية		إجمالى								
		سطحية	جوفية	تحلية	معالجة			شرب	صناعة	زراعة	إجمالى		أ	ب
1990	52	55.5	3.1	0.02	4.9	63.5	92	3.1	4.6	49.7	57.4	1221	+ 6.1	11.5
2025	86	57.5	7.4	0.07	9.1	74.07	84	8	9.8	85.4	103.2	637	- 29.2	- 11.95
2051	120	57.5	7.4	0.09	9.1	74.09	84	10.64	13.75	111.9	136.3	617	- 62.26	- 45.95

- منع الجريان السطحي والترسيب .
- وضع النظام المناسب للتخلص من مياه الصرف الصحي ومخلفات حيوانات الزراعة .
- خفض تأثير الكيماويات الزراعية وذلك باستخدام نظام المكافحة الشاملة .
- تعليم وتثقيف المجتمعات الزراعية وغيرها عن الأثر السئ لاستخدام الأسمدة والمبيدات على جوده مياه الشرب وسلامة الغذاء .

جودة المياه – مطلب عالمي

الزراعة على وجه الخصوص تهتم بجودة المياه باعتبارها أكبر مستهلك للماء العذب على المستوى العالمي وباعتبارها أيضا المسبب الرئيسي لتدهور مصادر المياه السطحية والجوفية نتيجة التعرية والجريان السطحي المحمل بالمواد الكيماوية . كما أن الصناعات الزراعية تعتبر مصدر رئيسي للملوثات العضوية وتسبب المزارع المائية الكثير من مشاكل التلوث للنباتات المائية نتيجه تخصيب الماء eutrophication وتدميره للنظام البيئي .

وتتلخص مشكلة جودة المياه العذبة فيما يلي :

- موت خمسه ملايين من البشر كل عام نتيجة المياه الملوثة و الحاملة للأمراض .
- تدهور وظيفة النظام البيئي وفقد التنوع .
- تلوث النظم البحرية نتيجة النشاط السكاني المكثف .
- تلوث مصادر المياه الجوفية .
- التلوث العالمي بواسطة الملوثات العضوية غير القابلة للتحلل .

ويعتقد الخبراء أن جودة المياه العذبة سوف تصبح العامل المحدد للتنمية

المستدامه في العديد من الدول فى هذا القرن وسوف ينتج عن عدم تنفيذ ذلك ما يلى :

- تراجع مصادر الغذاء المستدام نتيجة التلوث .
- التأثير التراكمي للإدارة غير المناسبة لمصادر المياه نتيجة عدم توفر بيانات عن جودة المياه في كثير من الدول .
- عدم مقدرة العديد من الدول على إدارة التلوث بالتخفيف مما ينجم عنه مزيد من التلوث لمصادر المياه .
- زيادة تكلفة إزالة التلوث بمرور الوقت .

مصدر التلوث غير المباشر Non-Point Source Pollution

مصدر التلوث المباشر للمياه Point Source يمثل الأنشطة التي فيها يتم تصريف المياه مباشرة من المصدر إلى مجرى الماء- مثال أنابيب مياه الأمطار – حيث يمكن بسهوله قياسه والتحكم فيه .

أما مصدر التلوث غير المباشر non-point source فهو عبارة عن مجموعة من الأنشطة الإنسانية التي ينتج عنها تلوث وليس لها نقطة محددة يتم عن طريقها تصريف المياه الملوثة إلى مجارى المياه .

ومن الواضح أن المصدر غير المباشر أكثر صعوبة من حيث التعرف على مصدر التلوث وقياسه والتحكم فيه وتعرف point source كما جاء فى clean water act 1987 بما يلي :

"أي انتقال مميز ومحدد للملوثات وتصريفها للمجارى المائية عن طريق الأنابيب والقنوات والأنفاق والآبار وعمليات وأماكن تربيه الحيوانات والبواخر الطافية " .

ويلاحظ أن هذا التعريف لم يشمل مياه الجريان السطحي من الأراضي المروية والمزروعة .

وبوجه عام ففي أغلب بلاد العالم جميع أنواع الممارسات الزراعية واستخدامات الأراضي شاملة عمليات تغذية وتربية الحيوان تعامل كمصدر غير مباشر للملوثات. والصفة الواضحة في مصادر التلوث غير المباشرة هي صعوبة قياسها والتحكم فيها وبالتالي يصعب تنظيمها مباشرة وإنما يتم ذلك عن طريق إدارة العمليات الأخرى ذات الصلة .

أقسام المصادر غير المباشرة

يوضح الجدول رقم (١) أقسام مصادر التلوث غير المباشرة ونسبة مساهمة كل من هذه الأقسام في التلوث . ويلاحظ أن الزراعة تمثل أحد أقسام المصادر غير المباشرة ولكن مساهمتها في حدوث التلوث تعتبر هي الأكبر على الإطلاق .

وتنقل الملوثات من المصادر غير المباشرة عن طريق الجريان السطحي بواسطة الأمطار وتجد طريقها إلى الأنهار والبحار والمياه الجوفية حتى تصل فى النهاية إلى المحيطات على شكل ترسبات ومواد كيميائية محمولة بواسطة الأنهار . وتأثير هذه الملوثات على البيئة يتراوح من تأثير بسيط إلى تأثير مدمر ويشمل الأسماك والطيور وصحة الإنسان . ويوضح شكل رقم (١) مدى تأثير الملوثات الناتجة من المصادر غير المباشرة الزراعية ودرجة تعقدها .

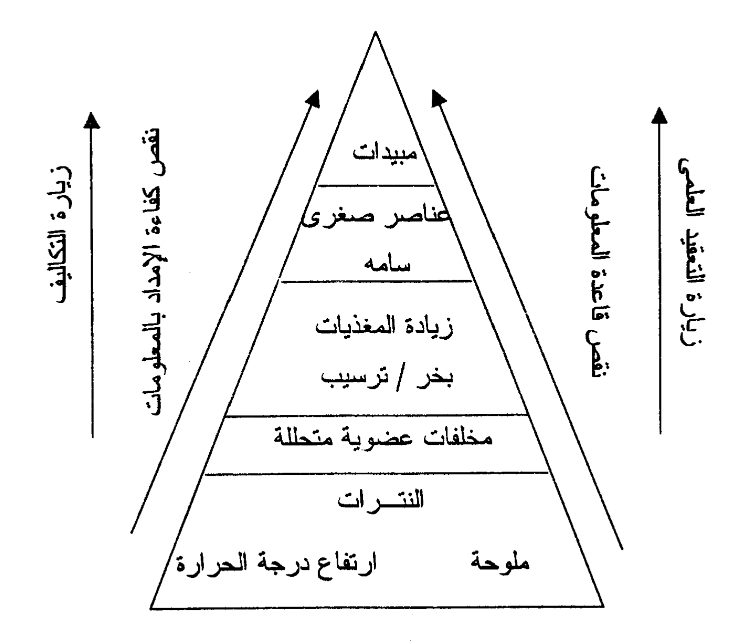
تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية من البلاد القلائل التي تمتلك معلومات عن تدهور جودة المياه نتيجة مصادر التلوث . ولقد أوضحت هيئة حماية البيئة الأمريكية 1994 أن حوالي 65% من الأنهار التي تم دراستها تأثرت بمصادر التلوث غير المباشرة وأن تدهور جودة المياه في الأنهار والبحيرات في الولايات المتحدة الأمريكية ترجع أساسا إلى الزراعة .

جدول (2-1) أقسام مصادر التلوث غير المباشرة

الزراعـــة **- تربية الحيوان** **- الرى** **- الاستزراع** **- المراعى** **- مزارع الألبان** **- مزارع الفاكهة** **- المزارع المائية**	**الجريان السطحي من كل البنود التي تقع تحت الزراعة تؤدى إلى تلوث المياه السطحية والجوفية . مياه الري تحمل الأملاح والمغذيات والمبيدات كما أن مياه الصرف تحمل النتروجين للمياه السطحية . تداول الخضر وات وخاصة باستخدام المياه السطحية الملوثة يؤدى إلى تلوث مصادر الغذاء.**	**الفوسفور والنتروجين والمعادن والطفيليات الممرضة والرسوبيات والمبيدات والأملاح وعناصر صغرى (سيلينيوم)-BOD .**
الغـــابات	**زيادة الجريان السطحي من الأراضي وخاصة التى يتم فيها القضاء على الغابات والأشجار بهدف تحويلها إلى أماكن حضريه .**	**مبيدات وترسبات .**
التخلص من المخلفات السائلة	التخلص من المخلفات السائلة الناتجة من مياه الصرف الصحي ، **الصرف الصناعي غير المعالجة إما باستخدامها فى الري الزراعي** أوتصريفها فى المجارى المائية .	الطفيليات الممرضة والعناصر الثقيلة والمركبات العضوية .
المناطق الحضرية - سكنية - تجارية - صناعية	**الجريان السطحي** من الشوارع وأماكن انتظار السيارات وأسطح المنازل **والحدائق** والذي يصب مباشرة فى مجارى المياه كما أن الصناعات المحلية يمكن أن تتخلص من مخلفاتها في الشوارع مما يساهم فى تلوث المياه السطحية والجوفية.	**أسمدة** و دهون وزيوت وطفيليات و ملوثات عضوية وعناصر ثقيلة **ومغذيات** ومبيدات وأملاح . (PAHs and PCBs BOD) .
نظم الصرف الصحى فى الريف	امتلاء وفشل نظام استقبال الملوثات septic systems يؤدى إلى جريان سطحي أو تسرب مباشر إلى المياه الجوفية .	الفوسفور والنتروجين وطفيليات .

استخلاص المعادن	جريان سطحي من المناجم ومخلفات المناجم .	أحماض وتر سيبات وعناصر معدنية وزيوت وملوثات عضوية وأملاح .
وسائل المواصلات	الطرق و طرق السكك الحديدية و خطوط الأنابيب ووسائل النقل المائي الكهربائية .	مغذيات وعناصر ثقيلة وملوثات عضوية .
الهطول	وتشمل ملوثات الهواء وترسيبها على سطح الأرض والماء السطحي وتعتبر مصدر رئيسي للمبيدات (من الزراعة) والمغذيات والعناصر الثقيلة .	مغذيات وعناصر ثقيلة وملوثات عضوية .
أماكن الترقية	مثل أماكن التزحلق على الجليد و الحدائق ورياضة اليخوت والقوارب وبخاصة فى البحيرات الصغيرة .	مغذيات وعناصر ثقيلة وطفيليات وملوثات عضوية .

الخطوط الداكنة تمثل مصادر التلوث غير المباشرة الناتجة عن الزراعة .



شكل (2-1) يوضح درجة تعقد مشاكل جودة المياه الناتجة عن الزراعة

ويوضح الجدول رقم (2-2) أثر الزراعة وترتيبها فى التأثير على تلوث مياه البحيرات والأنهار .

جدول (2-2): مصادر تلوث مياه الأنهار والبحيرات فى الولايات المتحدة الأمريكية

الترتيب	الأنهار	البحيرات
1	الزراعة	الزراعة
2	مصادر الصرف الصحي	الجريان السطحي في المدن
3	الجريان السطحي فى المدن	تعديلات هيدرولوجيه
4	مصادر خاصة بالصناعة	مصدر الصرف الصحي

Source: US-EPA, 1994

ويلاحظ أيضا من الجدول رقم (2-3) تصدر الزراعة فى تلوث مياه الأنهار والبحيرات ويعد الترسيب وزيادة المغذيات والمبيدات والطفيليات من أهم أسباب تلوث المياه وجميعها مقترنة بالزراعة . ويوضح الجدول (2-3) أن 72% من أطوال الأنهار ، 56% من أطوال البحيرات التي تم تقييمها لوثت بواسطة الزراعة مما دعا هيئة حماية البيئة الأمريكية إلى الإعلان عن أن الزراعة هي المسئول الأول عن تلوث البحيرات والأنهار فيها .

جدول (2-3): النسبة المئوية لمساحات الأنهار والبحيرات الملوثة

مصدر التلوث	الأنهار %	البحيرات %	طبيعة الملوثات	الأنهار %	البحيرات %
الزراعة	72	56	ترسيبات	45	22
مصادر الصرف الصحي	21	15	مغذيات	37	40
الجريان السطحي فى المدن	11		طفيليات	27	
مصادر أخرى	11		مبيدات	26	
مصادر صناعية	7		زيادة المواد العضوية	24	24
الزهور	7	23	عناصر معدنية	19	47
تعديلات هيدرولوجية		16	مواد عضوية كيميائية		20
التخلص المباشر لمخلفات المياه	7				

Source (US-E PA, 1994)

أيضا أعلنت هيئة حماية البيئة الأمريكية أن الزراعة هي المسبب الأول لتلوث المياه الجوفية حيث أتضح أن 49 ولاية تعانى من تلوث المياه الجوفية بالنترات ويلي ذلك التلوث بالمبيدات (جدول رقم 2-4) .

جدول (2-4): عدد الولايات الأمريكية التي حدث بها تلوث للمياه الجوفية

الملوثات	عدد الولايات	الملوثات	عدد الولايات
النترات	49	مواد عضوية متطايرة	48
مشتقات بتروليه	46	عناصر معدنية	45
مبيدات	43	ملوحة	37
مواد عضوية مخلفة	36	زرنيخ	28
مواد مشعة	23	كيماويات زراعية	23
مواد غير عضوية	15	فلوريد	20

(US-EPA, 1994)

تأثير الزراعة على جودة الماء

يوضح الجدول رقم (5-2) تأثير الأنشطة الزراعية على جودة الماء .

جدول (5-2): تأثير الزراعة على جودة المياه السطحية والجوفية

النشاط الزراعى	التأثيـــر	
	الماء السطحي	الماء الجوفى
الحرث	الترسيبات / العكارة ١- تدمص الحبيبات على سطوحها الفوسفور والمبيدات . ٢- إطماء قاع النهر .	
التسميد	١- جريان سطحي للمغذيات وبالأخص الفوسفور مما يؤدى إلى eutrophication مما سبب ظهور رائحة وطعم فى مصادر مياه الشرب . ٢- زيادة نمو الطحالب مما يؤدى إلى استهلاك الأكسجين الذائب وموت الأسماك .	تسرب النترات إلى ماء الجوفي حيث يؤدى زيادة التركيز إلى تهديد الصحة العامة للإنسان .
التسميد العضوي	١-استخدام الأسمدة العضوية فى الأرض يؤدى إلى تلوث المياه نتيجة للجريان السطحي بالطفيليات والمعادن الثقيلة والفوسفور والنيتروجين . ٢- eutrophication .	تلوث المياه الجوفية بالنترات .
المبيدات	١- الجريان السطحي وما يحمله من مبيدات يؤدى إلى تلوث المياه السطحية وتدمير النظام البينى لأنه يؤدى إلى موت الكائنات البحرية . ٢- تدهور الصحة العامة نتيجة أكل الأسماك الملوثة . ٣- يمكن للغبار في الهواء أن يحمل المبيدات لمسافات كبيرة (1000 ميل) وتلويث المياه السطحية	بعض المبيدات قد تتسرب إلى المياه الجوفية مسببه مشاكل صحية للإنسان .

أماكن تربية الحيوان feedlots	١- تلوث المياه السطحية بالطفيليات (بكتريا – فيروس) الممرضة تؤدى إلى مشاكل صحية مزمنه للإنسان . ٢- تلوث المياه بالعادن الثقيلة والعناصر التي تحتويها مخلفات الحيوانات السائلة والصلبة .	احتمال كبير لغسيل وتسرب النيتروجين والعناصر السامة الأخرى إلى الماء الجوفي .
الرى	١- الجريان السطحي وما يحمله من أملاح تؤدى إلى تملح المياه السطحية . ٢- الجريان السطحي للأسمدة والمبيدات للمياه السطحية وما يتتبعه من تدمير للبيئة البحرية . ٣- تجمع العناصر السامة والمبيدات فى الأسماك . ٤- مستويات عاليا من العناصر السامة وبخاصة السلينيوم فى المياه السطحية يؤثر سلبا على صحة الإنسان .	زيادة النترات فى الأملاح فى المياه الجوفية .
مزارع الزهور	تأثيرات متعددة تشمل جريان سطحي للمبيدات ، تلوث المياه السطحية والأسماك . مشاكل تعرية .	
مزارع مائية	انطلاق المبيدات ومستويات عاليه من المغذيات إلى المياه السطحية والمياه الجوفية خاصة وأن كثير من هذه المزارع تستخدم مخلفات الحيوانات وأيضا من خلال التغذية مما يؤدى إلى مشاكل eutrophication .	

Source: FAO, 1996

١) تأثير الرى على جودة المياه

الزيادة في تعداد السكان العالمي حتى سنه 2025 يتطلب زيادة الإنتاج الزراعي بحوالي 40-45% والزراعة المروية تمثل الآن من 17% من الزراعة الكلية وتنتج حوالي 36% من الإنتاج الزراعي العالمي .

ولذلك فإن زيادة استخدام الماء في الري لتنظيم الإنتاج الزراعي يعتبر هو الأستراتيجيه الواقعية لزيادة الإمداد الغذاء العالى علما بأن حوالي 90% من الأرض المروية تقع فى الدول النامية .

بالإضافة إلى المشاكل التي تنجم عن الأماكن المروية مثل الغمر والنحر والتملح وغيرها فإن الري يمكن أن يزيد من مشاكل تلوث المياه السطحية عن طريق الجريان السطحي للأملاح والمواد الكيميائية السامة ولقد أتضح فى العشر سنوات الأخيرة أن العناصر الصغرى السامة مثل Se ، Mo والزرنيخ (AS) في ماء الصرف الزراعي يمكن أن يسبب مشاكل تلوث كبيرة مما يهدد استمرار استخدام الري الزراعي في بعض المشاريع .

٢) التأثير على الصحة العامة

الماء الملوث يعتبر السبب الرئيسي لأمراض الإنسان . تبعا لمنظمة الصحة العالمية (WHO) حوالي 4 مليون طفل يموتون سنويا بسبب للإسهال الناتج عن شرب مياه ملوثة . فالبكتريا شائعة الانتشار في الماء الملوث هي Coliformes التي تصل إلى الماء عن طريق براز الإنسان . علما بأن الجريان السطحي ومصادر التلوث غير المباشرة تساهم بدرجة كبيرة في زيادة أعداد الطفيليات الممرضة في المياه السطحية . كما أن عدم كفاءة وسواء من محطات الصرف الصحي فى البلاد النامية تؤدى بدرجة كبيرة إلى تلوث المياه الجوفية.

تؤثر الأنشطة الزراعية وما ينتج عنها من تلوث للمياه بطريقة مباشرة وغير مباشرة على صحة الإنسان فتقرير منظمة الصحة العالمية يؤكد زيادة تركيز النيتروجين في المياه الجوفية بدرجة كبيرة نتيجة زيادة النشاط الزراعي (WHO, 1993) . وهذه الظاهرة جلية وواضحة في أوروبا حيث نجد أن تركيز النترات فى مياه الشرب أعلى من 10mg/l وهو الحد المسموح به فى مياه الشرب .ولقد لاحظ Reiff (1987) أن تلوث المياه هو حلقة الوصل بين الزراعة

وصحة الإنسان بدليل ما يلى :

١- وجود علاقة بين زيادة مرض الملاريا فى العديد من بلاد أمريكا اللاتينية وإقامة الخزانات والسدود . كما أن مرض البلهارسيا (مرض طفيلي يؤثر على 200 مليون نسمه وينتج عن تلوث الماء) زاد زيادة كبيرة بعد بناء الخزانات والسدود وخاصة بين العمال الزراعيين في حقول الأرز وقصب السكر والخضروات .

٢- تلوث مصادر المياه بالمبيدات والأسمدة يؤثر بدرجة كبيرة على الصحة العامة .

٣- كثير من البلدان النامية لا تجرى معالجة لمياه الصرف الصحي بها ولذلك فهذا الماء يصل إلى المجارى المائية بدون معالجة ويتم استخدام هذه المياه في الري الزراعي أو استخدامه ثانية في مياه الشرب علما بأن هذه المياه تسبب أمراض التيفويد والكوليرا والإسكارس والأميبيا والجارد يا و enteroinvasive E.Colic كما أن محاصيل الخضر التي تؤكل طازجة والتي تروى بمياه ملوثه مثل الكرنب والفراولة والخس تعمل على انتشار كثير من هذه الأمراض .

٤- تلوث المحاصيل بالمواد الكيميائية السامة .

الزراعة وكارثة بحر آرال

إن كارثة بحر آرال منذ 1960 هي بكل المقاييس كارثة اجتماعية واقتصادية وبيئية وتعتبر مقال حي لغياب التخطيط وسوء الممارسات الزراعية المستخدمة التي أودت بمستقبل منطقة ذات إنتاج وفير في الماضي وتعد الممارسات الزراعية الخاطئة هي السبب الأساسي في هذه الكارثة حيث تعتمد الزراعة كليا على الري في هذه المناطق الجافة – وحوض بحر آرال يشمل جنوب روسيا وأوزيكستان وطادجيكستان وجزء من كازاخستان وكرخستان وتيركمنستان وأفغانستان وإيران .

تعداد السكان

1976 ⟵ 23.5 مليون نسمه.

1990 ⟵ 34 مليون نسمه.

المساحة

1.8 مليون كيلو متر مربع .

% للمساحة المروية (1985)

65.6%

التوازن المائي في حوض بحر آرال

متوسط الإمداد المائي السنوي = (100%) 118.3 km^3/yr .

احتياجات الري = (96.3%) 113-9 km^3/yr .

الاستخدام الاستهلاكي في الري = من الماء المتاح (63.4%) 75.2 km^3/yr .

التوسع في الري

الري :

65.6% من المساحة الكلية للأراضي.

Inflow إلى بحر آرال

1966-1970 : 47 km^3/yr
1981-1985 : 2 km^3/yr

التملح

لوحظ زيادة التملح بدرجة كبيرة في أوزبيكستان :

	المساحة التي أصابها التمليح	% المساحة الكلية
1982	12000 km^2	36.3
1985	16430 km^2	42.8

التأثير على الصحة العامة

التيفويد : 29 ضعفا .

فيروسات كبديه : 7 أضعاف .

بارا تيفويد : 4 أضعاف .

الزيادة في ولادة الأطفال غير مكتملي النمو : 31% (زيادة) .

عدد الأشخاص المصابين بأمراض القلب وتقرحات المعدة : 100% زيادة .

زيادة أعداد المرضى في الفترة من 1987-1981 في Karakalpakia كما يلى:

سرطان كبد : 100% زيادة .

الأطفال مصابين بالسرطان : 100% زيادة

سرطان الأمعاء : 25% زيادة

سرطان المرئ : 100% زيادة

وفيات الأطفال : 20% زيادة

التأثير على البيئة وجودة المياه

- زادت الأملاح فى الأنهار ثلاث أضعاف المستوى القياس .
- تلوث المنتجات الزراعية بالكيماويات الزراعية .
- مستويات عالية من العكارة فى مجارى المياه .
- مستويات عاليه من المبيدات والفينولات فى المياه السطحية .
- تركيزات عالية من المبيدات في الهواء والأغذية والألبان .

فقد خصوبة الأراضي تغيرات مناخية

- انقراض أنواع كثيرة متميزة من الحيوانات والأسماك والنباتات .

- تدمير النظام البيئي .
- نقص مستوى بحر آرال بحوالي 15.6 متر منذ سنه 1960 .
- نقص فى حجم مياه بحر أرال بحوالي 69% .
- القضاء على مهنه صيد الأسماك .

سوء الإدارة الزراعية هى السبب الرئيسي للكارثة ويشمل :

- الاسراف فلى استخدام مياه الري .
- استخدام قنوات رى مفتوحة Unlined .
- إرتفاع مستوى الماء الجوفي .
- الاسراف فى استخدام المبيدات ذات الأثر المتبقي .
- زيادة التملح وزيادة الجريان السطحي بما يحمله من الأملاح أدى إلى تملح معظم الأنهار .
- زيادة تكرار العواصف الترابية وترسيب الأملاح .
- الإسراف فى استخدام الأسمدة .

ولقد لخصت UNEP (1993) الكارثة فيما يلى :

"زيادة الأملاح المعدنية فى مياه الشرب تؤثر على أجزاء الجهاز الهضمي والقلب والكلى وأيضا على تطور الحمل . كما أن التعرض للمبيدات يؤدى إلى زيادة الإصابة بأمراض السرطان وأمراض الجهاز التنفسي وأمراض الدم والتشوهات الخلقية ويرتبط التعرض للمبيدات بأمراض نقص المناعة ".

القرارات المتعلقة بالتحكم فى مصادر التلوث غير المباشرة

١) على مستوى الحقل .

تتأثر القرارات فى هذا المستوى على عوامل محليه مثل نوع المحصول ، تكنولوجيا إدارة استخدام الأراضي بما في ذلك استخدام المبيدات والأسمدة علما بأنه يجب على صانعي القرار الأخذ في الاعتبار عند التحكم في مصادر

التلوث مراعاة استخدام تقنيات قادرة على الحصول على أعلى محصول مع الحفاظ على البيئة وحمياتها . كما أن قرارات استخدام مياه الصرف الصحي والحمأة وخلافها يجب أن يعتمد على المعلومات الحقيقية لتأثير ذلك الاستخدام على البيئة واتخاذ الاحتياطات اللازمة لتقليل الأثر السئ لها .

٢) عند خوص النهر .

طبيعة القرار هنا تختلف تماما والتوجيهات التالية توضح المشاكل التي يمكن أن يتعرض لها صانعي القرار عند هذا المستوى .

توجيهات لصانعى القرار

١- الحاله البيئية .

نهر أو بحيرة تعانى من التلوث Eutrophication .

- عكارة زائدة .
- نظام بيئي.

٢- حالة قاعدة المعلومات والقدرات المؤسسية وجدت كما يلي :

- لا يوجد تحكم فى مصادر التلوث المباشرة وغير المباشرة .
- قليل جدا من المعلومات .
- معامل ذات قدرات ضعيفة .
- عدم الإلمام العلمي بالموضوع .
- عدم توفر الميزانية المناسبة .

٣- الأسئلة المتوقعة فى مثل هذه الحالة :

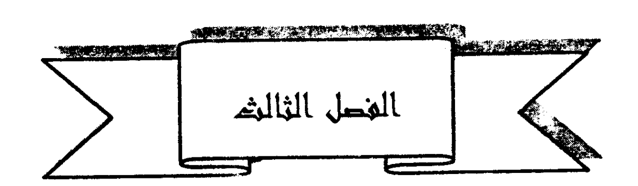
* ما هو تأثير الزراعة على ؟

(المغذيات – الترسيب – التملح – الطفيليات الممرضة – التلوث) .

٤- نوع الحل :

* ما هى المعالجة الممكنة اقتصاديا ؟

- إدارة كاملة ومكتفه لحوض البحر .
- تحكم في المصادر المباشرة .
- تحكم في المصادر غير المباشرة .



الترسبات وتلوث الماء

- التأثيرات السلبية للترسبات .
- النشاط الزراعي والتلوث .
- العمليات الرئيسية لحدوث الترسبات .
- انجراف الأراضي والأضرار الناتجة عنها .
- ميكانيكية الانجراف بالماء .
- العوامل المؤثرة على الانجراف بالماء .
- تقنيات حماية التربة من الانجراف .



الترسبات وتلوث الماء

تلعب الترسبات دورا هاما في مصير الملوثات وانتقالها فالملوثات الكيميائية تدمص على حبيبات هذه الرسوبيات فى مكان ما ثم تنتقل وتترسب فى أماكن أخرى . هذه الملوثات قد تتحرر بعد ذلك إلى البيئة الموجودة فيها . ولذلك فدراسة كمية وجودة وخصائص هذه الترسبات في الأنهار ضرورية لكى يستطيع البحاث تحديد مصادر هذه الملوثات وتقويم تأثير الملوثات على البيئة المائية . وبتحديد المصادر والتأثير يمكن اتخاذ الخطوات اللازمة لخفض هذه الملوثات . وفيما يلى بعض التأثيرات السلبية للترسيبات :-

- **الملاحـــــة Navigation**

يؤدى حدوث الترسبات في الأنهار والبحيرات إلى تقليص العمق وبالتالي تصبح الملاحة صعبة أو مستحيلة . ويمكن زيادة العمق عن طريق استخراج وإزالة جزء من هذه الرسوبيات ولكن هذا قد يؤدى إلى تحرر بعض الكيماويات السامة إلى البحيرات والأنهار وبوجه عام فلتقدير كمية الرسوبيات الواجب إزالتها ووقت الإزالة يجب مراقبة مستوى الماء فى المجرى المائي ومعدل ترسيب هذه الترسبات فيه .

- **موطن الكائنات المائية Aquatic Habitat**

تؤثر الترسبات المعلقة في الماء على تعداد الأسماك بطرق عديدة نورد منها ما يلى :

أ – تعمل الرسوبيات المعلقة على خفض شدة اختراق الضوء للماء وهذا بالتالي يؤثر على تغذية الأسماك وعلى إعدادها واستمرار معيشتها.

ب– وجود الرسوبيات المعلقة بتركيزات كبيرة يؤثر على خياشيم الأسماك ويتسبب في موتها .

ج– يمكن للترسبات أن تدمر المخاط الذي يعطى ويحمى عيون الأسماك وكذلك القشور وبالتالي تصبح الأسماك أكثر عرضة للالتهابات والأمراض .

د– تمتص حبيبات الترسبات الطاقة من أشعة الشمس وبالتالي تزيد من درجة حرارة الماء وهذا يؤثر سلبا على الأسماك .

هـ– ترسب الحبيبات الرسوبية في القاع يمكن أن يؤدى إلى تغطية بعض الأسماك ويقضى عليها .

و– الحبيبات الرسوبية تحمل الملوثات الزراعية والمركبات الكيميائية وتحرر هذه المواد السامة يؤدى إلى تشوه الأسماك وموتها .

- **الغـــابات Forestry**

إزالة الغابات يؤثر تأثيراً سيئا على البيئة حيث أن إزالة الأشجار من منطقة ما يؤدى إلى زيادة الجريان السطحي للماء ويسرع من انجراف التربة وبالتالي تزداد الترسبات في المجارى المائية . وقد يؤدى ذلك إلى تحرر الملوثات الموجودة في أراضى الغابات وانتقالها إلى مياه الأنهار . ومن المعروف أن كلا من الترسبات والملوثات يؤديان إلى إلحاق أكبر الضرر بالأسماك .

- **الإمداد المائي Water Supply**

استخدام وسحب المياه من الأنهار والبحيرات للشرب أو الزراعة والصناعة في وجود الترسبات يضر بمضخات السحب والتوربينات مما يزيد من أعباء صيانة هذه الماكينات ولذلك فيجب تقدير معدل الترسيب حتى يتم اختيار المعدات اللازمة في محطات الإمداد المائي .

- **إنتاج الطاقة Energy Production**

تؤثر كمية الترسبات المنقولة على الحجم والعمر المتوقع للبحيرة التي يتم إنشائها بغرض توليد الكهرباء . حيث نجد أن السد بحجز أمامه الترسبات التى بدورها تنقل مع جريان الماء وهذا يؤدى إلى إطماء البحيرة التي أمام السد وبالتالي يقل حجم البحيرة وتقل كفاءة استخدامها في توليد الكهرباء . لذلك يجب معرفة كمية الترسبات المتوقعة لعمل التصميم اللازم للخزان المستخدم فى توليد الكهرباء .

- **الزراعة**

تؤدى بعض الممارسات الزراعية إلى زيادة انجراف التربة وبالتالي زيادة الملوثات الكيميائية الزراعية في المجارى المائية ولذلك فإن معرفة كمية الترسبات الناتجة من هذه الممارسات ضرورية لتقويم هذه الممارسات وتأثيرها على البيئة .

وفى الصفحات التالية سوف تركز على أثر الترسبات الناتجة عن النشاط الزراعي والتلوث .

النشاط الزراعي والتلوث

يساهم النشاط الزراعي بدور كبير في مشاكل جودة المياه حيث يعتبر المسئول الأول عن الترسبات التي تصل إلى الأنهار والبحيرات وفى النهاية إلى المحيطات .

وتلوث الماء بواسطة الترسبات له بعدين :

١- **بعد فيزيائي .**

وفيه تفقد التربة السطحية نتيجة الانجراف الصفحي والإنجراف الأخدورى مما يؤدى إلى تعكير الماء التي تصل إليه هذه الرسوبيات وما يتبع ذلك من تأثيرات أخرى بيئية على قاع البحيرات والأنهار .

٢- بعد كيميائى .

تعتبر الترسبات وخاصة الجزء السلتى والطيني هى الحامل الرئيسي للمواد الكيميائية المد مصه مثل الفوسفور والمبيدات المكلورة ومعظم العناصر الثقيلة والتي تنتقل إلى النظام المائي عن طريق هذه الترسبات . ويعد الانجراف بأنواعه ضار جداً للزراعة حيث يقضى على الطبقة السطحية للتربة الغنية بالمغذيات والمواد العضوية . وما يتبع ذلك من ضرورة تعويض هذه المغذيات بإضافة الأسمدة والمادة العضوية على حساب المزارع للحفاظ على قدرة التربة الإنتاجية .

والسيطرة على التلوث الناجم من الزراعة يجب أن يبدأ أولا بالتحكم فى الانجراف والجريان السطحي المحمل بالرسوبيات وفى هذا الفصل سوف يتم التركيز على الميكانيكيات التي تحكم الانجراف والخطوات التي يجب اتخاذها للسيطرة على الإنجراف .

الترسبات كملوث فيزيائي

تؤثر الرسوبيات كملوث فيزيائي في المصادر التي تصل إليها كما يلى :

١) المستويات العالية من العكارة تحد من اختراق الأشعة للماء وبالتالي تحد من نمو الفطريات والنباتات البحرية والنتيجة هو تدمير موطن الكائنات الحية المائية . أحيانا في البحيرات الضحلة والتي تحتوى على مستويات عالية من المغذيات hypertrophic التي تصلها عن طريق الترسبات تنمو الفطريات والنباتات الجذرية بسرعة كبيرة . وفى كلا الحالتين يجب العمل على خفض العكارة ومستوى المغذيات في المجارى المائية .

٢) المستويات العالية من الترسبات في الأنهار تؤدى إلى القضاء على الخواص الهيدروليكية للقناه . وهذا بالتالي يؤثر على الملاحة عن طريق خفض عمق القناة وبحساب الانجراف والترسبات في حوض نهر ساوفرانسيسكو Sao Francisco بالبرازيل أتضح أن الجزء الأوسط من حوض البحر أمتلئ بالترسبات المائية مما أثر بشدة على النقل النهري كما أن ذلك أيضا أدى إلى توقف تدفق المياه من قناة النهر الرئيسية نتيجة انغلاق المعدات الهيدروليكية بالرسوبيات الناتجة عن الممارسات الزراعية.

الترسبات كملوث كيميائي

يرجع دور الترسبات في التلوث الكيميائي أساسا إلى حجم الحبيبات وكمية الكربون العضوي المصاحب لهذه الحبيبات . فالجزء النشط كيميائيا في الترسبات هي حبيبات السلت والطين ذات القطر الأقل من 63 um وذلك لأن الحبيبات ذات القطر الصغير تملك مساحة سطح عالية يمكنها من جذب الفوسفور والعناصر الأخرى على مواقع التبادل الموجودة على حبيبات الطين .

كما أن كثير من الملوثات العضوية السامة والمركبات المكلورة مثل المبيدات تكون مصاحبة للترسبات وبخاصة الكربون العضوي . ولقد أوضحت

تقديرات الفوسفور فى أوروبا وأمريكا الشمالية أن 90% من الفوسفور الكلى الذي يصل الأنهار يكون مصاحبا للترسبات .وبخلاف الفوسفور والعناصر الأخرى غير العضوية فإن مصير المواد الكيميائية العضوية المصاحبة للترسبات تكون أكثر تعقيداً نتيجة للتحلل الميكروبي الذي يحدث لهذه المواد خلال انتقال الترسبات فى النهر وترسيبها .

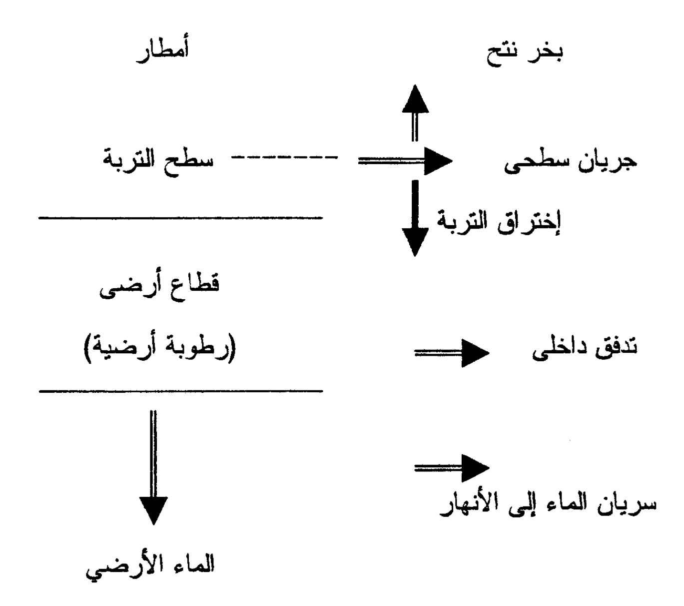
وفى جميع الأحوال فإن دور الترسبات في نقل ومصير الكيماويات الزراعية شاملة المغذيات والعناصر الثقيلة والمبيدات معروف تماما الآن ويمكن أخذ ذلك في الاعتبار عند مراقبة هذه المواد الكيماوية وعند تطبيق نماذج رياضية بغرض تحديد الإستراتيجية المثلى المطلوبة للحد من تلوث المجارى المائية .

دور الترسبات كملوث كيميائي هو داله لما تحملة هذه الترسبات من مواد وعناصر كيميائية .

العمليات الرئيسية التى تربط بين الأمطار والجريان السطحى

الملامح الرئيسية للتلوث غير المباشر هي عبارة عن الميكانيكيات الأساسية الناتجة عن العمليات الهيدرولوجية التي تؤدى إلى ماء الجريان السطحي وما يحمله من المغذيات والترسبات والمبيدات من الأرض إلى الماء .ومعرفة هذه الميكانيكيات تعتبر هامة ليس فقط لفهم طبيعة التلوث الزراعي وأنما أيضا للتنبؤ بالجريان السطحي وتأثير ذلك على البيئة البحرية .ويجدر الإشارة هنا إلى أن أي تحكم في التلوث الناجم عن الزراعة لا بد وأن يتم عن طريق التحكم فى الجريان السطحي من خلال تقنيات خاصة .

يوضح الرسم التخطيطي التالي العمليات الأساسية التي تربط بين الأمطار والجريان السطحي :



(رسم تخطيطي يوضح العمليات الرئيسية التى تربط بين الأمطار والجريان السطحي)

١- الأمطار

والعامل الرئيسي هنا هو شدة الأمطار حيث أنها تتحكم في كمية المياه المتاحة عند سطح التربة وهى ترتبط ارتباطا وثيقا بقياسات الطاقة التي تستخدم لحساب تفكك التربة بفعل قطرات المطر . ويعمل تفكك التربة بالطبع على سهوله حمل إتاحة حبيبات التربة بواسطة الجريان السطحي .

٢- نفاذية التربة

خاصية فيزيائية تعتبر مقياس لمقدرة التربة على إمرار الماء خلال المسام الموجودة بها . وتعتبر النفاذية داله لقوام التربة والتركيب المعدني والعضوي للتربة . كما أن النفاذية تعبر أيضاً عن مدى اتصال المسام ببعضها بدرجة

تسمح بنفاذ الماء خلالها .

٣- الرشح Infiltration

معدل الرشح هو المعدل آذى يمر به الماء السطحي إلى التربة (سم/ساعة) تعتبر من المصطلحات الهامة في المعادلات الهيدرولوجية لحساب الجريان السطحي .

القوى الشعرية هي التي تتحكم في الرشح خلال التربة لأنها تعكس الظروف الملائمة من رطوبة أرضية وقوام التربة ودرجة إنضغاط التربة وغيرها . ويختلف معدل الرشح بين رخان المطر وبعدها ويتوقف ذلك على عوامل مثل الرطوبة الأرضية وطبيعة الغطاء النباتي . وبوجه عام فإن معدل الرشح يبدأ عاليا خلال تساقط الأمطار ثم يقل عندما تصبح التربة مشبعة بالماء.

٤- الجريان السطحي Surface runoff

كمية المياه المتاحة على سطح التربة بعد أن يتم فقد الماء نتيجه البخر – نتح بواسطة النباتات وتخزين الماء في المخفضات الموجودة فى التربة نتيجة لعدم انتظام سطح التربة والماء الراشح خلال التربة . تتوقف كمية مياه الجريان السطحي على معدل سقوط الأمطار وكذلك معدل الرشح فالأمطار الغزيرة غالبا ما تؤدى إلى جريان سطحي كبير وذلك لأن معدل سقوط الأمطار يزيد عن معدل الرشح . والجريان السطح الكبير يؤدى إلى تدمير الغطاء النباتي وتماسك التربة وهو ما يقودنا إلى انجراف كبير لسطح التربة وكما سبق ذكرة فإن الجريان السطحي وما يحمله من كيماويات زراعية ومخلفات حيوانية وترسبات يصب فى النهاية فى الأنهار .

٥- الحركة الداخلية للماء Interflow

نتيجة اختلاف نفاذية طبقات قطاع التربة فإن بعض الماء الموجود في

التربة وليس كله يتحرك إلى الماء الأرضي والماء المتبقي في التربة يتحرك حركة أفقية موازية لسطح التربة ويظهر الماء المتحرك أيضا على السطح فى الأماكن المنخفضة . ولذلك فإن التعرف على المناطق النشطة هيدرولوجيا تعتبر جزء هام من القياسات المطلوبة للتحكم فى مصادر التلوث الزراعية غير المباشرة .

٦- الماء الجوفي Groundwater

المياه المارة خلال آفاق التربة ومنها إلى مادة الأصل تنتهى إلى الماء الجوفي . حركة المياه الجوفية تميل إلى الاتجاه ناحية النهر وتكون واضحه في وقت شح الأمطار وكيمياء الماء المتدفق في الأنهار base flow يعكس غالبا جيوكيمياء الصخور والتربة وأيضاً وجود المواد الكيمائية الزراعية التي يتم غسلها وانتقالها إلى الماء الجوفي .

٧- ذوبان الثلوج Snowmelt

ظاهرة ذوبان الثلوج تعمل على تعقيد عملية التنبؤ بالتلوث الناتج عن الزراعة وذلك عند استخدام النماذج الهيدرولوجية التقليدية . فذوبان الثلوج في حد ذاته لا يؤدى إلى جريان سطحي كبير ولكن إزدواج سقوط الأمطار في الربيع مع ذوبان الثلوج يؤدى إلى مشاكل انجراف خطيرة للتربة . ذوبان الثلوج يساهم بدرجة كبيرة في التلوث غير المباشر الزراعي وذلك نتيجة حمل مخلفات الحيوانات والحمأة المضافة للأرض إلى مجارى المياه القريبة . لذلك فإن إدراة المخلفات الحيوانية في المناطق الثلجية لها تأثير جيد ومفيد على جودة المياه .

المفهوم العام

نسبة المواد المترسبة Sediment delivery ratio

وهذه النسبة تصف مدى تخزين الترسبات فى حوض المجرى المائي وتعرف بأنها :

$$SDR = \frac{\text{Measured Sediment Yield}}{\text{Gross erosion in the basin}}$$

$$\frac{\text{كمية الترسبات التي تم قياسها}}{\text{الانجراف فى الحوض}} = SDR$$

وتقرير كمية الترسبات عن طريق محطة مراقبة الترسبات بينما تقدر المواد المنجرفة من الحوض باستخدام بعض المعادلات التقديرية مثل Universal Soil loss Equation وقيمة SDR الأقل من 1.0 تعنى أن التربة المنجرفة لم تتحرك بعيداً عن المكان الأصلي لها (شكل رقم p.24) وعلى الرغم من التباين الكبير فى قيم SDR إلا أنها تعتبر هامة في فهم عمليات الانجراف والترسيب وكيفية حدوثها مع الوقت .

نسبة الأثراء فى الترسيبات Sediment enriched ratio (SER)

حساب نسبة الأثراء في الترسيبات (SER) هام لمعرفة تأثير الترسبات والقيمة الاقتصادية لفقد الكيماويات الزراعية من الحقل وتعرف SER كما يلي :-

$$\frac{\text{تركيز المادة الكيميائية "x" فى الترسبات المنقولة}}{\text{تركيز المادة الكيميائية "x" فى التربة}} = SER$$

وعادة ما يتم تقدير كيمياء الترسبات عند بعض النقاط المنخفضة في نهاية الحقل والقريبة من المجرى المائي وتكمن أهمية النسبة في أن الترسبات المنقولة تكون ذات قوام ناعم بدرجة أكبر من الموجودة في الحقل الأصلي . أما كانت الحبيبات الدقيقة أكثر قدرة على حمل المغذيات فإن فقد هذه الحبيبات يعنى فقد التربة لكثير من المغذيات وبالتالي فقد الخصوبة .

انجراف الأراضي Soil Erosion

انجراف الأراضي مشكلة عالمية تهدد جميع أنواع الأراضي فى العالم

حيث يؤدى قطع أشجار الغابات وإبادة الغطاء النباتي الطبيعي وترك الأرض عارية إلى انجراف سطح التربة بالماء والرياح وتحول الأراضي المنتجة إلى أراضى غير منتجه . ولقد قدر وزن التربة المز اله بواسطة الانجراف بالماء والرياح في الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي 5 بليون طن (Mg) سنوياً . ولبيان خطورة المشكلة يوضح الجدول (3-1) حموله بعض الأنهار من الترسبات المنجرفة بواسطة مياه الأنهار في عدد من دول العالم .

جدول (3-1) : الحمولة السنوية لبعض الأنهار من الترسبات الناتجه عن انجراف الأراضي .

النــهــــر	البـلــــد	الحمولة السنوية من الترسبات (مليون طن)	الانجراف (طن / هكتار)
النيل	مصر – السودان	111	8
المسيسيبى	الولايات المتحدة الأمريكية	300	93
الأحمر	الصين – فيتنام	130	217
الأمازون	البرازيل – بيرو	363	13
كوسى	الهند – نيبال	172	555
الأصفر	الصين	1600	479
ميكونج	فيتنام – تايلاند	170	43

El-Swaify and Dangler. (1982). ASA Special Publication No. 43 Madison.

ومتوسط الفقد السنوي للأرض نتيجة الانجراف يتراوح من 8 طن مترى/هكتار إلى حوالي 555 طن متري للهكتار كما فى الهند وهذه القيمة (555) تعادل تقريباً وزن طبقه من الأرض بعمق 5cm لمساحة هكتار وهو ما يعد أمراً خطيراً جداً . يوضح الجدول (3-2) كمية التربة المفقودة من الأراضي الزراعية بواسطة الانجراف لبعض بلدان العالم .

جـــدول (3-2) : الكمية المقدرة للتربه المفقودة من الأراضي الزراعية نتيجة الانجراف .

البــلـــــد	المساحة المزروعة مليون هكتار	كمية التربة المفقودة بالانجراف مليون طن
الولايات المتحدة الأمريكية	167	1,524
الإتحاد السوفيتى	251	2,268
الهند	140	4,716
الصين	99	3,628
بلاد أخرى	607	11,201
المجموع	1265	23.337

Brown and Wolf. (1984). World Watch. Paper 60. Washington.

الأضرار الناتجة عن انجراف الأراضي

١- فقد مياه الأمطار .

المبادئ الأساسية لأداره المياه الأرضية تهدف إلى تشجيع حركه المياه إلى داخل ألتربه بدلاً من حركتها خارج التربة . فالسماح للماء باختراق التربة يؤدى إلى استخدام التربة كمخزن للمياه يمكن استخدامه مستقبلاً بواسطة النبات . ولذلك فإن عدم اختراق الماء للتربه وجريانه على السطح سوف يؤدى إلى فقد كميات كبيرة من الماء كان من الممكن الإستفاده بها في الإنتاج الزراعي . وفى بعض المناطق الرطبه تم تقدير المياه المفقودة بواسطة الجريان السطحي بحوالي 50-60% من كمية الأمطار سنوياً . أما في المناطق الجافة وشبه الجاف التي تتميز بسقوط أمطار على شكل رخات شديدة في مدى قصير فإن معدل فقد الماء بالجريان السطحي Runoff يكون عالياً مما يهدد التقدم الزراعى فيها .

٢- فقد خصوبة التربة .

انجراف الطبقة السطحية من التربة بماء الجريان السطحي والرياح ينتج عنه فقد كميات كبيرة من العناصر الغذائية وذلك لغنى الطبقة السطحية من التربة بالعناصر الغذائية . لذا فإن انجراف الطبقة السطحية من الأراضي يؤدى إلى فقد هذه الأراضي خصوبتها . ويوضح الجدول (3-3) كمية العناصر الغذائية المفقودة نتيجة انجراف الطبقة السطحية من الأرض فى الولايات المتحدة الأمريكية .

جدول (3-3) : الكميات المفقودة مقدرة بالألف طن من عناصر النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم (الكلى والصالح) نتيجة انجراف الطبقة السطحية من الأراضي .

المنطقه	النيتروجين		الفوسفور		البوتاسيوم	
	الكلى	الصالح	الكلى	الصالح	الكلى	الصالح
الولايات المتحدة الأمريكية	9,494	1,744	1,704	34,1	57,920	1,158

ويلاحظ من الجدول الكميات الكبيرة من العناصر الغذائية التي تفقد نتيجة الانجراف ولقد أظهرت التجارب أن كميات النيتروجين والفوسفور فى المواد المنجرفة تعادل خمسة أضعاف الكميه الموجودة فى التربه الأصلية .

٣- ردم قنوات الري وإطماء الخزانات

تترسب المواد المنجرفة بواسطة المياه والرياح فى قنوات الري والصرف وكذلك فى خزانات المياه مما يؤدى إلى ضعف كفاءتها . وإصلاح وتنظيف القنوات والخزانات عمليه مكلفة جداً وقدرت في الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي 15 بليون دولار وهو ما يفوق حجم الضرر الخاص بالأراضي الزراعية .

٤- نقص الأراضي المزروعة

تتعرض المناطق المزروعه لتدفق المواد المنقولة بالانجراف من مناطق أخرى مما يسبب تلفها . كما قد تتعمق عمليه الانجراف حتى تصل إلى مادة

الأصل الصخر يه كما فى حالة المنحدرات الساحلية مما يجعل هذه المساحات غير صالحة للزراعة الاقتصادية. وكل ذلك يؤدى فى النهاية إلى خفض مساحة الأراضى المنزرعة .

الانجراف بالماء Water Erosion

الانجراف بالماء هو أكثر الظواهر الجيولوجية شيوعاً وهو المسئول إلى حد كبير عن استواء سطوح الجبال وتطور الهضاب والوديان ودلتا الأنهار. والغالبية العظمى من الترسبات التي تظهر الآن كصخور رسوبية هى فى الواقع نشأت عن طريق الانجراف بالماء . ويتسبب الانجراف بالماء إلى فقد كل هكتار أرض حوالي 0.2-0.5 طن/ سنوياً. وإذا زادت الكمية المفقودة من كل هكتار عن الكميه السابق ذكرها نتيجه الانجراف بالماء ففى هذه الحالة يسمى بالانجراف السريع Accelerated ويكون ذو طبيعة مدمره للأراضي الزراعية .

ميكانيكية الانجراف بالماء :

يحدث انجراف التربه بالماء في خطوتين وهما تفكيك وتفتيت حبيبات التربة المركبة والتي تعتبر مرحله تحضيرية ثم نقل هذه الحبيبات المفتتة بواسطة الماء. وسوف نوضح باختصار كيفيه تفكك ونقل حبيبات التربة بواسطة الماء .

تأثير قطرات المطر Influnece of Raindrops

سقوط قطرات المطر على التربة له تأثير يشبه تأثير انفجار قنبله (شكل 3-1) ويؤدى إلى :

أ) تفكيك حبيبات التربة الصغيرة .

ب) هدم بناء الحبيبات المركبة إلى حبيبات فرديه .

ج) اصطدام قطرات المطر بالتربة يؤدى إلى تجزئه قطرات المطر وتناثرها حاملة معها الحبيبات الفردية في ظروف الأرض المنحدرة إلى أسفل الانحدار .

وقد يؤدى تفكك التربة إلى تكوين طبقه سطحيه صلبه عند الجفاف تمنع نمو البادرات وبالتالي عند سقوط الأمطار ثانيه يكون الطريق ممهداً لفعل مياه الجريان السطحي وذلك لعدم قدرة الماء على اختراق سطح التربة والتسرب داخلها .



شكل (3-1) : يوضح قطره المطر (إلى اليسار) وكذلك الطرطشة Splash الناتجه عن اصطدام قطرات المطر لأرض رطبه خاليه من المزروعات .

نقل الأرض Transportation of Soil

يتم نقل حبيبات الأرض المفتتة بواسطة ماء الجريان السطحي وذلك لما للماء من قوة قطع Cut ونقل كبيرين ولذلك فإن ماء الجريان السطحي Surface runoff يلعب دوراً هاماً جداً فى نقل التربة المفتتة .

أيضاً تحت بعض الظروف فإن الطرطشة Splash الناتجة عن اصطدام

قطرات المطر بالتربة عندما تكون الأمطار غزيرة يمكن أن تنقل حوالي 225 طن / هكتار . فى المناطق المنحدرة تعمل الطرطشة وتساعد على نقل الحبيبات الفردية أسفل المنحدر وبالتالي تساعد ماء جريان السطحي على تكمله مهمه نقل التربة . ولذلك تعتبر الطرطشة Splashes وماء الجريان السطحين عاملين هامين في نقل الأرض .

أنواع الانجراف بالماء Types of Water Erosion

تم التعرف على ثلاثة أنواع من الانجراف بالماء وهى :

أ - الانجراف الصفحي Sheet erosion

وفيه يتم إزاله ونقل التربه من جميع أماكن الانحدار بطريقه منتظمة ومتجانسة . ويحدث الانجراف الصفحى إذا كانت سرعة سقوط الأمطار أعلى من نفاذية الأرض للماء وينتج عن ذلك تراكم الماء على سطح الأرض ثم تدفقه ناحية الأماكن المنخفضة (شكل 2-3 a) . وحركة الماء تمده بالطاقه اللازمه لنقل الحبيبات المفككة بواسطة قطرات المطر ولكن لا تستطيع تفكيك هذه الحبيبات ولذلك فإن طبقه رقيقه فقط من سطح التربة Sheet يتم إزالتها من سطح التربه ويعتبر هذا النوع هو أخطر أنواع الانجراف بالماء والذي بسببه يتم فقد كميات كبيره من الأرض .

ب- الإنجراف فى قنوات صغيرة Rill erosion

عند جريان الماء على سطح التربه يتركز الماء فى المناطق المنخفضة وباستمرار جريان الماء فى هذه المناطق يحدث نحر فيها مما يؤدى إلى تكوين قنوات غير عميقة Rills ويمكن إزالة هذه القنوات الصغيرة عن طريق الحرث (شكل رقم 2-3 b) .

جـــ- الإنجراف الأخدودى Gully erosion

زيادة جريان الماء فى القنوات الصغيرة وزيادة حمولتها من المواد المفتتة يعطى للماء قوة نحر أكثر مما ينتج عنه قنوات عميقة تسمى Gully لايمكن إزالتها بواسطة الحرث (شكل رقم 2-3 c) .

النماذج الرياضية للتنبؤ بالانجراف

تم تطوير العديد من النماذج الرياضية للتنبؤ بإنجراف التربة المصاحب للجريان السطحي وكذلك المغذيات والمبيدات الكيميائية وبوجه عام يمكن تقسيم النماذج الرياضية إلى ثلاث أنواع تبعا لكمية المعلومات المطلوبة كما يلى :

١) نماذج بسيطة استكشافية وهى نماذج إحصائية بالمقام الأول مثل unit area load .

٢) نماذج تطبيقية مثل المعادلة العالمية لفقد التربة Universal Soil Loss Equation وهى معادلة تطبيقية ثبت نجاحها وأدرجت في كثير من النماذج المعقدة وسوف يتم الكلام عنها تفصيلا لاحقا .

٣) نماذج تقديرية deterministic models وهذه النماذج تحتاج إلى كمية كبيرة من المعلومات وهى بوجه عام غير ملائمة للدول النامية .

العوامل المؤثرة على الانجراف بالماء

Factors Influencing Water Erosion

نتيجه الأبحاث المكثفه لسنوات عديدة تم التعرف على العوامل الرئيسيه المؤثرة على الإنجراف بالماء والتعبير عنها على شكل معادلة يطلق عليها " المعادلة العالمية لفقد التربة(Universal Soil - Loss Equation (USLE وهى :

$$A = RKLSCP$$

حيث :

A = الفاقد من التربة نتيجة الانجراف مقدراً بالطن / هكتار فى السنه .
وهذا الفاقد هو محصله لما يلى :

R = عامل المطر والجريان السطحي Rainfall and runoff factor

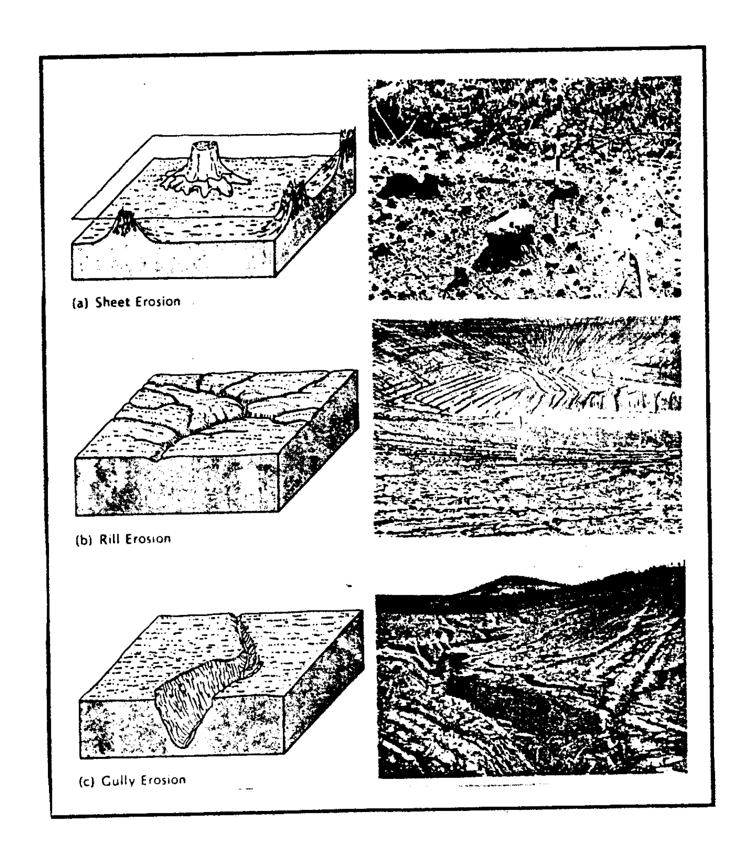
K = عامل قابلية التربة للانجراف Soil erodibility factor

L = عامل طول انحدار التربة Slope length factor

S = عامل ميل الانحدار Slope - gradient factor

C = عامل الغطاء النباتى والإداره Vegetative cover factor

P = عامل عمليات التحكم فى الانجراف Erosion control practice factor



شكل (2-3) : الأنواع الرئيسية للانجراف بالماء (a) الانجراف الصفحى ، (b) الانجراف فى قنوات صغيرة ، (c) الانجراف الأخدودي .

والعوامل السابقة مجتمعه هي التي تحدد مقدار الماء الداخل إلى التربة وأيضاً مقدار ماء الجريان السطحي وأيضاً طريقه ومعدل إزالة التربة . وفيما يلى وصف مختصر لكل عامل حيث أن معرفة تأثير كل عامل على انجراف التربة سوف يوضح كيفيه التحكم فى إنجراف التربة .

عامل المطر والجريان السطحي Rainfall & Runoff Factor

وهذا العامل يقيس قدرة المطر والجريان السطحي على جرف التربه التى بدورها تتوقف على كميه المطر الكلى ، شدته . ويعتبر شدة وغزارة المطر أكثر أهمية من الكميه الكليه للمطر حيث أن رخات المطر الغزيرة هى التي تسبب معظم انجراف التربه .

ويطلق على العامل "R" أحياناً أسم دليل الانجراف بالمطر Rainfall erosion index ويمكن حساب دليل الانجراف بالمطر (R) باستخدام المعادلة التالية :

$$R = \frac{EI_{30}}{100}$$

حيث :

E = الطاقة الحركية الكليه للمطر .

I_{30} = أعلى شدة مطر فى 30 دقيقه

ولما كان المطر السابق يختلف من سنة لأخرى فإن دليل الانجراف بالمطر يجب حسابه سنوياً .

عامل قابليه التربة للانجراف Soil Erodobility Factor

الخاصيتين الهامتين اللتين تؤثران على إنجراف التربه بالماء هما :

١) سعه تسرب الماء Infiltration .

٢) ثبات البناء : وتتأثر قدرة التربة على تسرب المياه إلى حد كبير بثبات البناء وقوام التربة ومحتوى التربة من المادة العضوية ونوع معدن الطين ووجود طبقات تحت سطحيه غير منفذه للماء .

وعامل قابلية التربه للانجراف (K) يعطى دلالة على مقدار التربة المفقودة بالطن المتري لكل هكتار لكل وحدة من دليل الانجراف بالمطر (R) . ويقدر (K) تجريبياً فى مساحة من الأرض خالية من النباتات طولها 22 متر وذات ميل % 9 .

ويتراوح قيمة (K) من صفر إلى حوالي 0.6 تبعاً لقدرة الأرض على تسرب المياه. فالأراضي الرملية جيدة الصرف تكون قيمة (K) لها منخفض بينما الأراضي سهلة الانجراف وقدرتها على تسرب الماء ضعيفة تكون قيمة (K) لها أكثر من 0.3 (جدول رقم 3-4) .

جدول (3-4) : قيم (K) المحسوبة لأراضى فى مناطق مختلفة .

المنطقه	الأرض	K المحسوبه
نيويورك	Udalf	0.69
تكساس	Ustoll	0.29
أندونيسيا	Alfisols	0.14
البرازيل	Oxisols	0.02
نيجيريا	Andisols	0.02
بورتريكو	Inceptisols	0.02

Cited from Brady (1990).

حساب عامل قابليه التربة للانجراف (K)

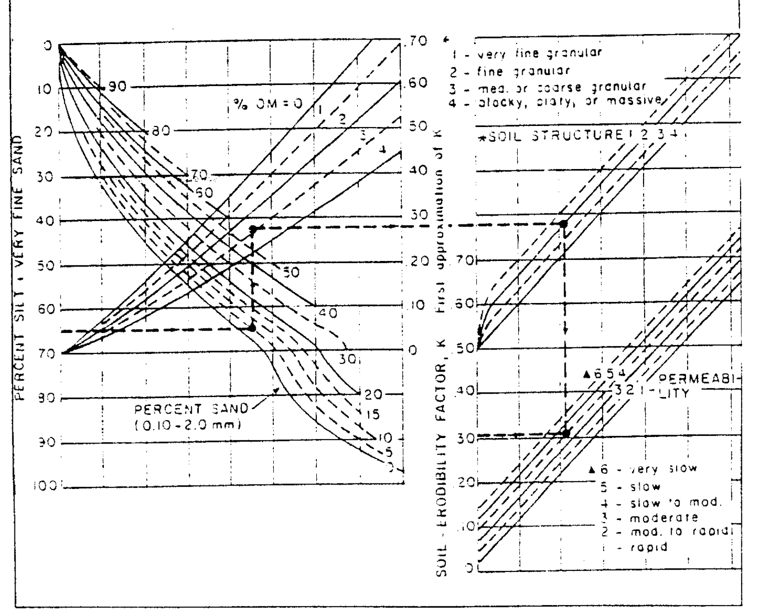
Calculating the Soil Erodibility Factor

يتم تقدير عامل قابليه التربة للانجراف (K) بمعلومية أربع خواص للتربه وهى: قوام التربة Texture ، محتوى التربه من المادة العضويه O.M. Content ، بناء التربة Soil Structure، نفاذية التربه Soil Permeability. ولحساب قيم عامل K نعطى المثال التالى :

احسب قيمة عامل K لأرض تحتوى على Silt+very fine sand)65%) ، Sand) 5%)، (organic matter) 2.8 % ، Structure = 2 ، Permeability =..

الطريقه :

استخدم الشكلين أسفله وأبدأ بالشكل الموجود على اليسار وحدد قيمة Silt + V. Fine sand = 65 % على المحور الصادي للشكل وتتبع الخط المستقيم المنقط فى الشكل لتوقيع قيم الرمل (5%) ثم اتجه لأعلى لتوقيع قيم المادة العضوية (2.8%) ثم اتجه إلى اليمين ناحية الشكل الآخر لتوقيع قيم بناء التربه ثم إلى أسفل لتوقيع قيم النفاذية Permeability (4) ثم إلى اليسار لتحصل على عامل قابليه التربه للإنـــجراف (K) وقيمته = 0.31 .



عامل الطبوغرافيا Topographic Factor

ويشمل عامل الطبوغرافيا (LS) كلا من عامل طول الانحدار (L) وعامل ميل الانحدار (S) . وعامل الطبوغرافيا (LS) هو عبارة عن مقدار التربة المفقودة من حقل ما منســوباً إلى مقدار التربة المفقودة من الوحدة التجريبيه الخــاليه من النباتات وذات ميل 9% وطول 22 متر.

ويوضح الجدول رقم (3-5) قيم عامل الطبوغرافيا (LS) عند درجات ميل وأطوال ميل مختلفه ويلاحظ زيادة الانجراف كلما زاد ميل الانحدار وذلك نتيجة لزيادة سرعة جريان الماء. فنظرياً مضاعفة سرعة جريان الماء يؤدى إلى مضاعفة قدرة الماء حوالى 32 مرة على حمل المواد المفككة وزيادة القدرة التجريفيه للماء حوالى 4 أضعاف .

كما يتضح من الجدول أيضاً زيادة مقدار التربة المفقودة بواسطة الانجراف بزيادة طول الانحدار .

جدول (3-5) : عامل الطبوغرافيا (LS) وتأثير ميل الانحدار وطول الانحدار .

الميل (%)	طول الميل (متر)			
	15	30	60	90
2	0.16	0.20	0.25	0.28
4	0.30	0.40	0.53	0.62
8	0.70	0.99	1.41	1.72
12	1.28	1.80	2.55	3.13

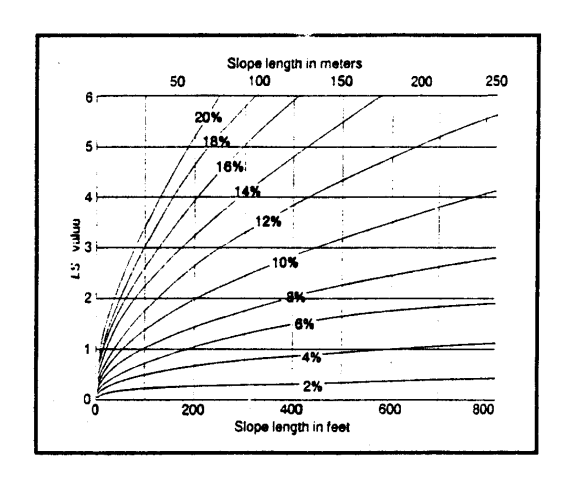
Taken from Brady (1990).

ويمكن دمج عامل طول الانحدار (L) وعامل ميل الانحدار (S) فى رسم منحنيات (شكل رقم 3-3) يمكن منها حساب قيمة عامل الطبوغرافيا LS ومن الشكل نجد أن قيمة LS = 1 عند ميل % 9 ، طول 22.1 متر .

عامل الغطاء النباتي والإدارة (C)

The Cover and Management Factor

وهذا العامل يأخذ فى الأعتبار كثافة المزروعات والعمليات الزراعية مثل الحرث والتخلص من الحشائش والرى والتسميد .... الخ . وكمية ونوع بقايا النباتات المتروكة على سطح التربة . وهذا العامل معقد جداً نظراً لتعدد المؤثرات الداخلة فيه .



شكل (3-3) : رســــــم بيانى لتقدير عامل الطبوغرافيا (LS) فى المعادلة العالمية لفقد التربه .

Troeh and Thompson 1993. Soils and Soil Fertility Oxford Univ. Press. New York.

ويوضح الجدول رقم (6-3) بعض القيم المختارة للعامل (C) تحت ظروف غطاء نباتى مختلف وعمليات خدمة زراعيه مختلفه .

مع العلم أنه إذا ما كانت قيم العامل (C) = 0.33 فإن الانجراف ينخفض إلى الثلث بالمقارنة مع الحالة التى تكون فيها الأرض خاليه بدون مزروعات . وقيم (C) المنخفض تعنى انجراف أقل .

عامل التحكم فى الأنجراف Erosion Control Pratice Factor (P)

ويأخذ هذا العامل فى الأعتبار الأساليب المختلفة التى يتم اتخاذها لتقليل الانجراف بواسطة الماء مثل الزراعة الكونتوريه والزراعة على مصاطب والزراعة في شرائح Strip cropping .

ويوضح الجدول رقم (3-7) قيم عامل (P) لبعض الممارسات الخاصة بصيانة التربة من الانجراف .

جدول (3-6) : بعض القيم المختاره لعامل الغطاء النباتى والإداره .

الغطاء النباتى	قيم عامل (C)
قطن مزروع بعد قطن (% 80 من الأرض مغطى)	0.64
قطن مزروع بعد قطن (% 80 غطاء أرض – حرث تقليدي)	0.46
ذرة (% 40 غطاء أرض – بدون حرث)	0.21
ذرة (% 90 غطاء أرض – بدون حرث)	0.03
أعشاب نجيليه (% 10 غطاء أرض)	0.20
أعشاب نجيليه (% 80 غطاء أرض)	0.013
أشجار خشبيه (% 75 غطاء أرض والباقي مغطى بالحشائش)	0.20
غابات (% 100 - 90 غطاء أرض)	0.001

Source : Wischmeier and Smith (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. Agriculture Handbook 537, USDA, WA.

ويلاحظ من الجدول السابق أن أعظم حماية للأرض من الانجراف توفرها الغابات والأعشاب النجيليه التى تعطى الأرض تغطيه جيدة .

جدول (3-7): قيم عامل (P) للزراعة الكونتوريه والشرائح الكونتوريه لأراضى ذات ميل مختلف.

الميل	عامل P للزراعه الكونتوريه	عامل P للشرائح الكونتوريه
1-2	0.6	0.30
3-8	0.50	0.25
9-12	0.60	0.30
13-16	0.70	0.35

واستخدام الممارسات مثل الزراعة الكونتوريه يمكن أن يخفض الفاقد من التربه بالانجراف إلى الثلث ولذلك فإن هذا يؤخذ فى الأعتبار فى معادله فقد الأرض وذلك من خلال العامل (P) . وتعتبر قيمة العامل (P) = 1 عند عدم استخدام أى ممارسات للتحكم فى الانجراف ويقل هذا العامل باستخدام الممارسات المشار إليها . ويلاحظ من الجدول أن استخدام الشرائح الكونتوريه Contour Strip Cropping أدى إلى خفض معامل P إلى النصف .

مـــثـــال :

حساب الانجراف بواسطة الماء

Sample Calculation of Erosion by Water

يمكن التنبؤ بمقدار الفقد من التربه بواسطة الانجراف المائي وذلك باستخدام المعادلة العالمية لحساب فقد التربة (USLE) .

وسوف نعرض المثال التالي :

أرض سلتيه لوميه ذات ميل = 4 % ، طول الميل 30 m وأن هذه الأرض تم حرثها وتركها خاليه بدون زراعة علماً بأن عامل K لهذه الأرض = 0.33 ، عامل R = 150 في هذه المنطقة .

الحـــــــــل

من الجدول رقم (3-5) نجد أن عامل الطبوغرافيا (LS) = 0.40 ولما كانت هذه الأرض غير مزروعه ولايتم بها عمل أى ممارسه من شأنها خفض الإنجراف فإن عامل (C) = 1 .

ولذلك فإن حساب المقدار المتوقع فقده من التربه يمكن حسابه بالتعويض فى المعادله USLE .

$$A = (150)\,(0.33)(0.40)(1.0)(1.0) = 19.8 \text{ ton/acre}$$
$$= 44.4 \text{ Mg/ha}$$

فإذا تم زراعه الأرض بالذره (غطاء أرض 40 % وعدم الحرث) فإن هذا سوف يغير قيمة عامل (C) إلى 0.2 (جدول 3-6) وإذا تمت الزراعة على

خطوط كونتور فإن ذلك سوف يخفض قيمة عامل P إلى 0.5 (جدول رقم -7)
وبالتالي فإن الفقد المتوقع من التربه نتيجه لهذه الممارسات سوف يصبح :

$$A = (150)(0.33)(0.40)(0.2)(0.5) = 1.98 \text{ ton/acre} = 4.4 \text{ Mg/ha}$$

أى أن الغطاء النباتى والزراعة الكونتوريه لهما تأثير كبير على خفض الانجراف بواسطة الماء .

التقنيات المستخدمة لحماية التربه من الانجراف بالماء

يمكن الحد من إنجراف التربه بواسطة الماء وذلك بخفض تأثير العوامل المسببه له وهى تفكك التربه بتأثير قطرات الأمطار الساقطة على الأرض الخاليه من المزروعات ونقل التربه المفككة بواسطة الماء .

أ - التحكم فى تفكك التربه

يمكن التحكم فى تفكك التربه وذلك عن طريق الغطاء النباتى وعدم ترك الأرض خالية من المزروعات وذلك لأن كافة سقوط قطرات المطر يتم تشتـتـهـا بواسطة أى غطاء على التربه سواء نباتات منزرعه أو بقايا نباتات على السطح وبالتالى تكون تأثير قطرات المطر ضعيفاً وينزلق الماء ببطء على الأرض حتى يتم تسربه إلى داخل الأرض .

والتقنيات التى تتخذ للتحكم فى تفكك التربه ما يلى :

١ - استخدام بقايا المحاصيل السابقه كغطاء لسطح التربه Stubble mulch

ويتم ذلك بإستخدام الحرث تحت التربه بحيث تصبح بقايا المحاصيل السابقه على سطح التربه ثم زراعة الأرض فى وجود بقايا هذه المحاصيل وبذلك توفر الغطاء والحماية للأرض خلال فترة ما قبل الإنبات وبعد الحصاد .

٢- استخدام الدورة الزراعية Crop Rotation

الزراعة فى دورات زراعية يتخللها محصول نجيلي يؤدى إلى توفير غطاء نباتى للأرض طوال العام وفى الوقت نفسه يساعد على ثبات بناء الحبيبات المركبه مما يؤدى إلى خفض تأثير قطرات الماء على التربه .

ب - التحكم فى نقل التربه بواسطة الماء

يمكن الحد من نقل التربه بواسطة الماء عن طريق خفض ميل الانحدار مما يؤدى إلى خفض سرعة الماء وبالتالي تقل قدرة الماء على نقل التربة . والوسائل المستخدمة في ذلك ما يلى :

١) الزراعة الكونتوريه Contour Farming

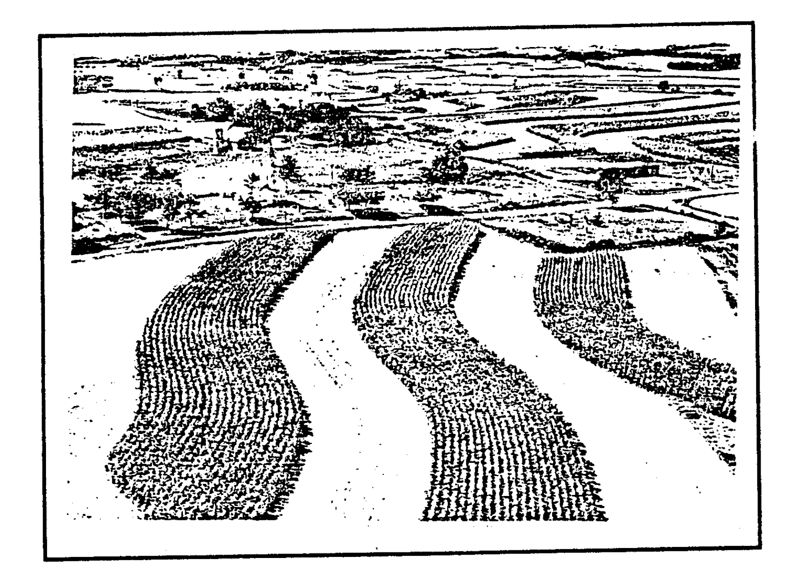
تستخدم الحراثه الكونتوريه Contour Farming على المنحدرات ذات الميل البسيط لتقليل التدفق السطحى للماء وتوجيهه نحو الخطوط قبل أن يتحرك لأسفل وبالتالى يزداد مقدار الماء الذى ينفد فى باطن الأرض مما يقلل من الأنجراف . ويقصد بالحراثه الكونتوريه هو أن يكون الحرث موازياً لخطوط الكونتور أى عمودى على انحدار الأرض لأن حرث الأرض فى أتجاه الأنحدار يعمل على سرعة تدفق الماء على المنحدر وبالتالي تزداد قدرته علىنحر التربه وجرفها (شكل رقم 3-4) .



شكل (3-4) : الزراعة الكونتوريه (الزراعة فى خطوط موازية لخطوط الكونتور أى عمودي على انحدار الأرض) .

٢) الشرائح الكونتوريه Contour Strip Cropping

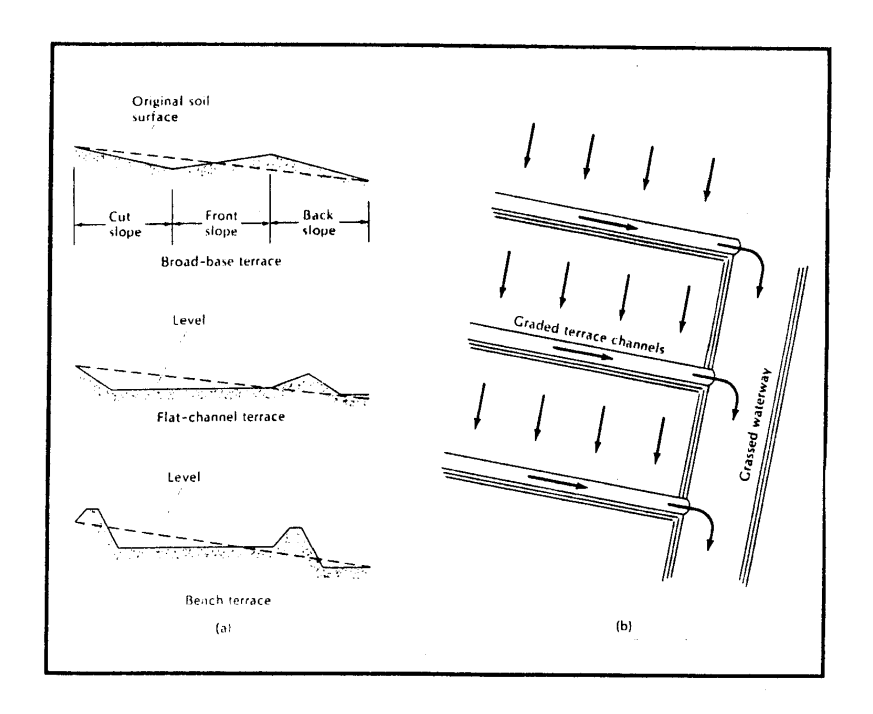
وفيه يتم تقسيم المنحدر إلى شرائح موازيه لخطوط الكونتور وتزرع هذه الشرائح بالمحاصيل بالتبادل مع الأعشاب والحشائش فتزرع شريحه بالمحصول وتترك الشريحه التالية مغطاه بالحشائش الطبيعية التى تستخدم كمراع وهكذا . وعند تدفق مياه الأمطار الساقطه على المنحدر تجـــرف معها بعض الطين والسلت من الشريحه المزروعة بالمحصول وعند مرورها على الشريحة التالية المغطاة بالمراعى يقل سرعة تدفق الماء وبالتالى يرسب (شكل رقم 3-5) المواد المحمولة التى سبق نحرها من الشريحة السابقه .



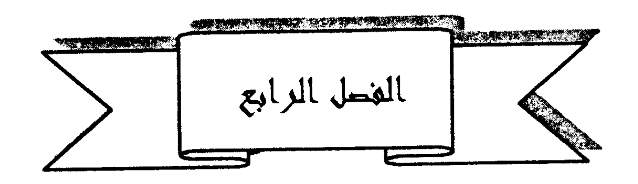
شكل (3-5) : حقل مزروع بطريقه الشرائح الكونتوريه .

٣) المصـــاطـــب Terraces

وهى عبارة عن أرصفه ترابيه تنشأ عموديه على ميل المنحدر لتقطع التدفق السطحى للمـــاء وتـــنقله إلى مخرج يتناسب وبسرعة لا تؤدى إلى نحر الأرض وكذلك تستخدم المصاطب لتقصير طول المنحدر. ويوجد العديد من أنواع المصاطب موضحه بالشكل رقم (3-6) .



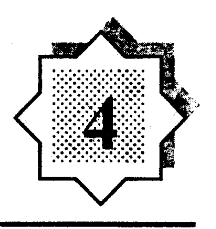
شكل (3-6) : أنواع المصاطب Terraces .



الأسمدة كملوثات للماء

- تخصيب الماء .
- دور الزراعة في تخصيب الماء .
- الممارسات الزراعية المثلى لإدارة الأسمدة النيتروجينية بغرض حماية الماء من التلوث .
- الممارسات الزراعية الضرورية لحماية المياه السطحية من التلوث بالفوسفور.





الأسمدة كملوثات للماء

Fertilizers as Water Pollutants

إثراء الماء بالمغذيات (تخصيب الماء) Eutrophication

يعرف تخصيب الماء Eutrophication بأنه زيادة تركيز العناصر الغذائية الصالحة لنمو النبات في المياه السطحية وهذه الزيادة عادة ما تصحب مصادر النشاط الإنساني . وحالة العناصر الغذائية في البحيرات تعتبر هي الأساسي الذي يبنى عليه إدارة البحيرات حيث أن وتركيز العناصر الغذائية في البحيرة يتغير من حاله إلى أخرى وتعتبر الزراعة هي المصدر الأول والأساسي لها .

وعلى الرغم من أن عنصري النيتروجين والفوسفور هما السبب في تخصيب الماء Eutrophication إلا أن تقسيم حاله المغذيات trophic status تعتبر على العنصر المغذى المحدد وهو الفوسفور ويوضح الجدول رقم (4-1) العلاقة بين مستوى عنصر الفوسفور trophic level وصفات البحيرة .

تأثير المغذيات يكون واضح جداً حيث تنمو الطحالب بدرجة كبيرة في البحيرة ولكن العمليات والقياسات التي تؤدى إلى زيادة المغذيات هي عملية معقدة ويوضح الجدول رقم (4-2) نوع المتغيرات التي يجب أخذها في الاعتبار عند دراسة التخصيب Eutrophication .

جدول رقم (4-1): العلاقة بين مستوى المغذيات في البحيرة وخصائصها

حالة البحيرة	المادة العضوية mg/m^3	الفوسفور الكلى mg/m^3	الكلوروفيل mg/m^3	* عمق Secchi m
Oligotrophic	منخفض	8.0	4.2	9.9
Mesotrophic	متوسط	26.7	16.1	4.2
Eutrophic	عالى	84.4	42.6	2.45
hypertrophic	عالى جداً	750-1200	-	0.4-0.5

* عمق secchi : هو مقياس العكارة في عمود الماء في البحيرة .

جدول رقم (4-2): المتغيرات التي يتم تقديرها لتقييم ومتابعة حاله المغذيات في البحيرة

المتغيرات		المتغير
المتغير سريع على المدى القصير	المتغير بطئ على المدى القصير	
كتله النباتات الطحالب والأنواع السائدة منها	Zooplankton Bottom Founa Standing Crop	المغذيات (الكمية الكلية) الفوسفور الكلى ، الفوسفور الصالح ، النيتروجين الكلى الأمونيا + النترات
الكلورفيل	الفرق بين التركيز في الصيف والشتاء لعناصر Si , N , P	التركيز
الكربون العضوى والنيتروجين	الفرق بين تركيز الأكسجين في الصيف والشتاء .	السليكا النشطة
معدل الإنتاج اليومى	الإنتاج السنوى	العناصر الصغرى

وتتلخص تأثير وأعراض زيادة المغذيات في البحيرات فيما يلى :

- زيادة إنتاج وكتلة النباتات المائية وما يصاحبها من طحالب .
- تحل أنواع غير مرغوب فيها من الأسماك محل الأنواع المرغوب فيها مثل السلمون .
- انخفاض مستوى الأكسجين في البحيرة مما يؤدى إلى قتل الأسماك .
- تغير الطعم والرائحة للماء وبالذات في مرحلة إزهار نمو الطحالب .
- تلوث المياه الجوفية أساسا بالنترات .

والمشكلات التي سبق الإشارة إليها تنجم أساسا من الأسمدة التى تضاف للأراضي الزراعية والأفراط في إستخدامها (FAO, 1991) .

دور الزراعة في تخصيب الماء

لخصت منظمه الأغذية والزراعة (FAO 1991) تأثير الأسمدة على جودة المياه فيما يلي :

١) يؤدى تخصيب المياه السطحية إلى نمو هائل للطحالب مما يسبب تغيرات شديدة في الاتزان البيولوجي في المياه شاملا قتل الأسماك .

٢) تلوث المياه الجوفية بالنترات علما بأن المياه الجوفية تعد مصدراً أساسيا لمياه الشرب للعديد من الدول .

وتقييم دور الزراعة بدقة في تخصيب المياه السطحية من الصعب تقديره كميا وبالرغم من ذلك فإن بعض الدول قامت بعمل حسابات تقريبية وتبين أن الزراعة الأوروبية مسئوله عن 60% من محتوى بحر الشمال من النيتروجين RIVM (1992) . أما تشيكوسلوفاكيا فلقد أوردت أن الزراعة مسئوله بنسبة 48% عن تلوث المياه السطحية . والجدير بالذكر أن بحيرة إيري Erie في

سنه 1960 (من البحيرات العظمى في أمريكا الشمالية) تم الإعلان عنها بأنها بحيرة ميته وذلك نتيجة لارتفاع مستوى المغذيات بها والذي صاحبه نمو متزايد للطحالب وموت الأسماك وظروف قاع غير هوائية ويوضح الجدول رقم (2-4) كميات الفاقد من العناصر الغذائية نتيجة التسميد .

ويلاحظ ارتفاع فقد المغذيات من المحاصيل المسمدة بكميات كبيرة من الأسمدة بالمقارنة بالمراعى التي تصلها كميات قليلة من الأسمدة . وهنا يجب التنويه أن الزراعة باتباع أساليب إدارة ضعيفة للأراضي يمكن أن ينتج عنها تعريه وانجراف وبالتالي تفقد كميات كبيرة من العناصر الغذائية فالأسمدة العضوية والحمأة يمكن أن تمد التربة من خلال العمليات البيولوجية بتركيزات عاليه من المنتجات الخطرة وذلك بالمقارنة بالأسمدة غير العضوية .

جدول رقم (2-4): قيم بعض العناصر الغذائية المفقودة نتيجة التسميد

الموقع	الاستخدام	الفوسفور كجم/هكتار/سنه	نيتروجين كجم/هكتار/سنه
جنوب أونتاريوا	أراضى منزرعة محاصيل	0.415	
كندا	ذرة-بطاطس-بقوليات-جنوب مراعى		26.0 0.1
أمريكا الشمالية	محاصيل مختلفة		0.2-37.1
المجر	محاصيل	1.14	
الدنمارك	محاصيل + تربية الحيوان		316
الولايات المتحدة الأمريكية	محاصيل (زراعة غير مكثفة)		64
كوت دافور	الزراعة	29.0	98

الأسمدة العضوية

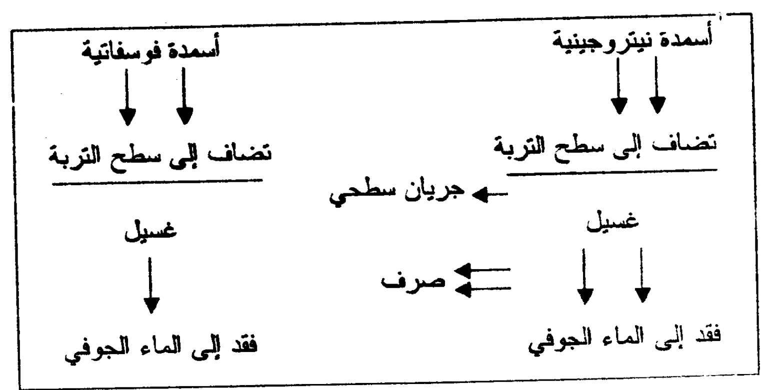
يؤدى التسميد العضوي إلى كثير من المشاكل البيئة التي يجب أن نوليها عناية خاصة . فالأسمدة المنتجة من مخلفات الأبقار والخنازير والدجاج تستخدم كسماد عضوي في جميع أنحاء العالم . بالإضافة إلى ذلك فبعض البلاد

الأسيوية تستخدم الحمأة (مخلفات الإنسان) في تسميد الأراضي والمزارع السمكية . ولقد تسبب التوسع في مشاريع الإنتاج الحيواني والألبان بدرجة كبيرة وخاصة في البلاد الأوربية وشمال أمريكا إلى مشاكل تكون أكثر وضوحاً في الأماكن التي يكون فيها كميات الأسمدة العضوية المنتجة تزيد عن قدرة التربة على استيعاب هذه الأسمدة وتحليلها كما في شرق وجنوب هولندا ولقد لخص تقرير منظمة الأغذية والزراعة (FAO(ECE 1991 تأثير التسميد العضوي المكثف فيما يلي :

١- تخصيب المياه السطحية نتيجة انجراف الأسمدة العضوية نفسها أو غسيل النترات والفوسفات والبوتاسيوم من التربة .

٢- تلوث الماء الجوفي بالنترات المغسولة من قطاع التربة.

٣- تلوث المياه الجوفية والسطحية بالعناصر الثقيلة وما تمثله زيادة تركيز هذه العناصر من أثر سئ على صحة الإنسان والحيوان وعلى سبيل المثال . احتواء مخلفات بعض الحيوانات (الخنازير) على تركيزات عاليه من النحاس .



الشكل رقم (4-1) يوضح رسم تخطيطي لفقد النيتروجين والفوسفور

٤- حموضة التربة نتيجة الأمونيا المتطايرة من الأسمدة العضوية عند نشرها على التربة حيث تعتبر الأمونيا من أهم مسببات حموضة التربة وخاصة في المناطق التي تتركز فيها الزراعة العضوية .

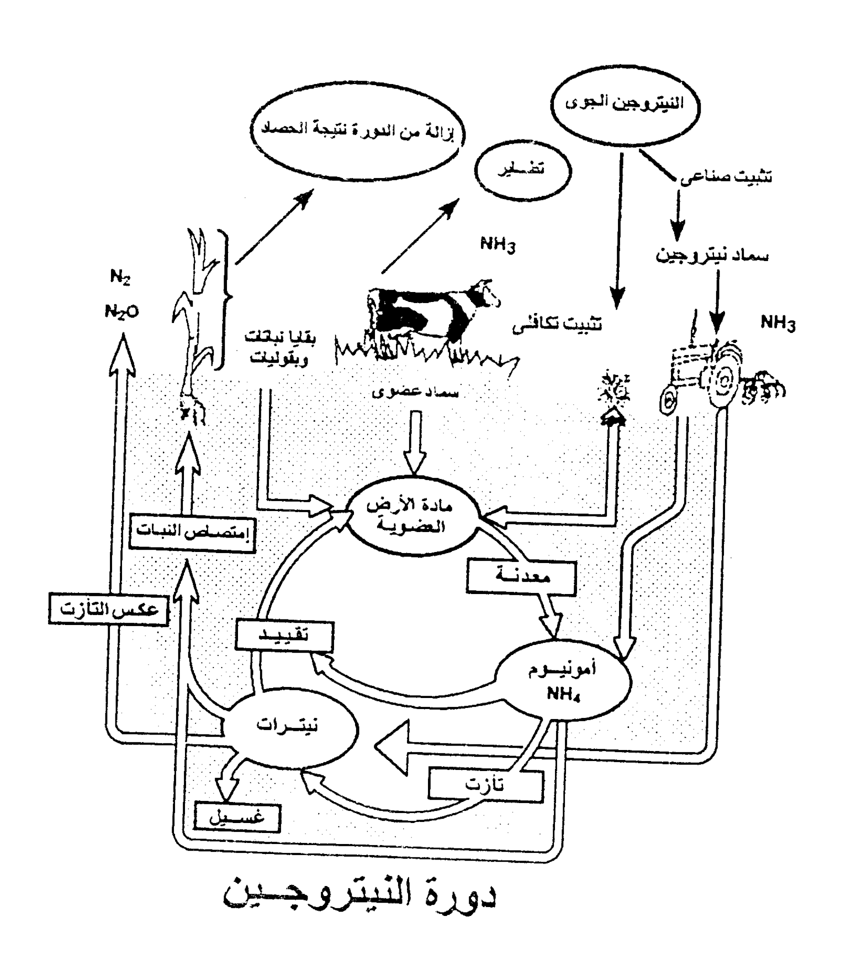
الممارسات الزراعية المثلى لإدارة الأسمدة النيتروجينية بغرض حماية الماء من التلوث

دورة النيتروجين

يعتبر النيتروجين من العناصر الضرورية لحياه النبات والحيوان . ويطلق على تفاعلات النيتروجين في الأرض باسم دورة النيتروجين (شكل4-2) . وبوجه عام فإن الزراعة تؤثر على كميات النيتروجين المضافة إلى الأرض أو المستنزفة منها كميات النيتروجين المضافة إلى التربة تشمل الأسمدة النيتروجينيه – بقايا النباتات – النتروجين المثبت بواسطة البقوليات والمخلفات الحيوانية . أما كميات النيتروجين المستنزفة من التربة نتيجة الزراعة فتشمل حصاد المحاصيل ، امتصاص النبات وغسيل النيتروجين من التربة . ولأن مصادر تلوث المياه تشمل الأسمدة النيتروجينية والمخلفات العضوية فإن الإدارة المثلى للتسميد النيتروجيني يجب توظيفها للحد من التلوث النتراتى للمياه وتشمل:–

أ – تحليل دورى لعينات التربة

أخذ عينات التربة وتحليلها تعد أحد الخطوات الهامة في الإدارة المثلى للنيتروجين التي تؤخذ في الاعتبار كمية النيتروجين المتاح للنبات والتي تتواجد بالفعل في القطاع الأرضي . عينات التربة المتحصل عليها تؤخذ ٣–٤ أسابيع قبل الزراعة وتكون هذه العينات ممثلة للحقل وتؤخذ على عمق مناسب ويتم تحليلها بالنسبة للنيتروجين على أن تتكرر هذه التحليلات كل عام .



شكل (4-2): دورة النيتروجين

ب- التوصيات السماديه

إضافة الأسمدة النيتروجينية للأراضي يجب أن يتم بناءاً على توصيات الأسمدة لكل منطقة ولكل محصول . وبوجه عام فإن التوصيات السمادية أخذ في الاعتبار النيتروجيني المتبقي في قطاع التربة وكمية النيتروجين المتحرر من المواد العضوية خلال نمو المحصول والمحصول المرغوب الحصول عليه وأيضا النيتروجين المتحرر من بقايا المحصول السابق .

ت- توقيت إضافة السماد

يعتبر توقيت إضافة السماد عامل هام ومؤثر فى المحصول وكفاءة إضافة الأسمدة النيتروجينية والعائد الاقتصادي للمحاصيل وذلك لأن الفترة بين إضافة السماد النيتروجيني وامتصاص المحصول للنيتروجين تعتبر فترة حرجة .

فإضافة السماد النيتروجيني في توقيت غير مناسب ينتج عنه فقد النيتروجين على صورة نترات خلال عملية الغسيل إلى الماء الجوفي والإدارة الصحيحة لإضافة الأسمدة النيتروجينية تشمل :

١) إضافة النيتروجين في الربيع وذلك المحاصيل الشتوية .

٢) إضافة جزء من الاحتياجات السمادية النيتروجينية للتربة قبل الزراعة.

٣) إضافة السماد النيتروجيني على دفعات بدلا من دفعة واحدة .

٤) إضافة السماد النيتروجيني على جانب الخط في الأراضي المروية .

٥) استخدام اختبارات التربة لتحديد احتياجات المحصول من السماد النيتروجيني .

ث- طريقة إضافة السماد

تلعب طريقة إضافة الأسمدة النيتروجينية دورا هاما في زيادة كفاءة إدارة

المحاصيل . فالطريقة الصحيحة لإضافة الأسمدة غالبا ما تزيد من كفاءة امتصاص النبات للمغذيات وبالتالي تؤدى إلى زيادة المحصول الأعظم . ويتضح أهمية طريقة إضافة الأسمدة بصفة خاصة عند الزراعة تحت نظم الحرث المختزل .

والإدارة الصحيحة لطريقة إضافة الأسمدة تشمل:-

١) إضافة النيتروجين أسفل البذرة عند الزراعة .

٢) إضافة جزء قليل من السماد النيتروجيني مع البذرة عند الزراعة .

٣) إضافة النيتروجين تكبيشا على سطح التربة في الأراضي التي يمثل الغسيل فيها مشكلة محتملة .

ج- الإمداد النيتروجيني من البقوليات والأسمدة العضوية

يتطلب الاستخدام الأمثل للأسمدة النيتروجينية أن يؤخذ في الاعتبار النيتروجين المضاف للتربة عن طريق الأسمدة العضوية المضافة وكذلك النيتروجين المثبت بواسطة المحاصيل البقولية . ولقد أوضحت الأبحاث أن الأسمدة العضوية يمكنها الوفاء بقدر كبير من الاحتياجات لنيتروجينية للمحاصيل . بالإضافة إلى ذلك فإن محاصيل العائلة البقولية مثل البرسيم يمكنها أن تمد المحصول الثاني في الدورة الزراعية بحوالي 100 كيلو جرام نيتروجين تقريباً . ولذلك فإن الأخذ في الاعتبار الإمداد النيتروجيني الناتج عن الأسمدة العضوية والمحاصيل البقولية عند التسميد بالأسمدة النيتروجينية يمكن أن يخفض من معدل إضافة هذه الأسمدة بدرجة كبيرة وبالتالي نتجنب التسميد الزائد عن حاجة النبات .

ح- إدارة الأسمدة العضوية

غالبا ما ينظر إلى الأسمدة العضوية على أنها مخلفات يجب التخلص منها

والحقيقة أن الأسمدة العضوية تعتبر مصدرا هاما لإمداد التربة بالعناصر الغذائية . فالسماد العضوي يمكن أن يمد المحاصيل بكميات كافية من العناصر الغذائية كما أن إضافة المادة العضوية إلى الأراضي تعمل على تحسين بناء التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء . لذلك يجب علينا استخدام هذه الأسمدة بكفاءة والاستفادة منها . وللحد من فقد النيتروجين عن طريق الغسيل والجريان السطحي فيجب تحديد الكمية العظمى من السماد العضوي الذي يجب إضافته إلى التربة وذلك تبعا لمحتوى السماد من النيتروجين .

خ – إدارة نظم الري

يعتبر الإسراف في مياه الري من العوامل الرئيسية المسببة لزيادة مستوى النترات في الماء ولذلك فيجب على المزارعين حماية الماء وذلك بالأخذ في الاعتبار ما يلي :

١) إضافة الكمية الفعلية من مياه الري التي يحتاجها النبات وذلك لخفض الغسيل .

٢) الأخذ في الاعتبار تركيز النترات في مياه الري عند إضافة الأسمدة النيتروجينية ؛

٣) إتباع نظام ري كفء بالأخذ في الاعتبار مقدرة التربة على امتصاص الماء ، مرحلة نمو المحصول ، معدل البخر والأمطار والرى السابق وذلك لتحديد وقت وكمية مياه الري الواجب إضافتها للمحصول .

د- اختيار دورات زراعية

زراعة المحاصيل فى دورات له تأثير كبير على حركة النيتروجين في التربة . فالمحاصيل البقولية على سبيل المثال لا تحتاج إضافة كميات كبيرة من الأسمدة النيتروجينية حيث أن لها المقدرة على استخلاص النيتروجين الموجود

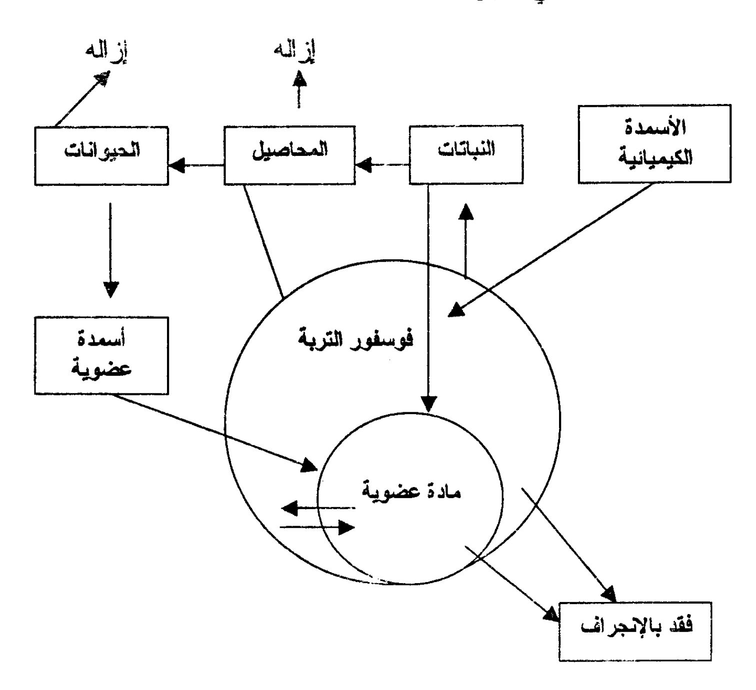
فى التربة والناتج من تسميد المحصول السابق . بالإضافة إلى أن زراعة محاصيل ذات احتياج نيتروجيني منخفض بالتناوب مع محاصيل ذات احتياجات نيتروجيني عالية يؤدى في النهاية إلى خفض كميات النيتروجيني الكلية المضافة إلى التربة .

ملخص الخطوات الواجب مراعاتها عند التسميد النيتروجيني لحماية الماء :

- استخدام نتائج اختبارات التربة والنبات لتحديد الإضافات المثلى للنيتروجين.
- ربط كميات الأسمدة النيتروجينية المضافة بالمحصول الواقعي المراد الوصول إليه .
- الأخذ فى الاعتبار النتروجين المثبت بواسطة البقوليات عند تسميدها .
- إضافة الأسمدة النيتروجينة تبعا لإحيتاجات النبات .
- إضافة الأسمدة العضوية تبعا للاحتياجات الغذائية للمحصول .
- اتباع الإدارة السليمة للتسميد مع الري .
- اتباع الدورة الزراعية ما أمكن .
- إتباع نظام ري كفء لتقليل الغسيل .

الممارسات الزراعية الضرورية لحماية المياه السطحية من التلوث بالفوسفور

سبق أن تعلرضنا إلى أن الفوسفور يعد أحد ملوثات البحيرات والأنهار وتعد الزراعة من أهم مصادر التلوث . ويعتبر الفوسفور هام لكل أشكال الحياه على الأرض ولذلك فهو ينتشر في كل مكان في صور بيولوجية عديدة صالحة للأمتصاص ويتم إمتصاصه الفوسفور من التربة بواسطة النباتات ويحدث تدوير لعنصر الفوسفور في البيئة ليصل إلى النباتات والحيوانات من خلال دورة الفوسفور شكل (3-4) . ويلاحظ من الدورة أن الأسمدة الفوسفاتية تعد أحد مصادر الفوسفور في الدورة .



شكل (3-4): دورة الفوسفور في الزراعة ويلاحظ أن الأسمدة الكيميائية تعد أحد المصادر الهامة للفوسفور فيها .

كثير من الأنشطة البشرية تؤدى إلى تلوث المياه السطحية وتعد الزراعة والتسميد الفوسفورى من أكثر الأنشطة التى تضيف كميات كبيرة من الفوسفور إلى المياه السطحية نتيجة عمليات الجريان السطحي والتعرية حيث تعمل الأنشطة المصاحبة للزراعة الحديثة إلى زيادة إنجراف التربة وماء الجريان السطحي ونقل الترسبات الناتجة عنهما إلى الماء السطحي ويمكن التحكم في تلوث المياه السطحية بالفوسفور عن طريق خفض إنجراف التربة وتحجيمها بعيداً عن البحيرات والأنهار.

ولحماية المياه السطحية من التلوث فإن الإدارة المثلى للتسميد الفوسفورى والعضوى يجب توظيفها وتشمل :

أ) التحكم في إنجراف الترب .

يعد كل من الجريان السطحي وإنجراف التربة أهم أسباب تلوث المياه السطحية بالفوسفور حيث أن إزاله الطبقة السطحية الخصبة من التربة – يسبب تدهور إنتاجية هذه الأراضى – عن طريق التعرية وحملها بواسطة ماء الجريان السطحي إلى المجارى المائية يؤدى إلى تخصيب هذه المياه وما يتبعه من تدهور البيئة الطبيعية للأسماك وكذلك تدهور جودة المياه والحد من استغلالها للأغراض الصحية والترفيهية . ولما كانت الترسبات هى المصدر الرئيسى لتلوث المياه بالفوسفور فيجب علينا للتحكم في الجريان السطحي وإنجراف التربة إتباع الممارسات التالية :

- غطاء نباتى دائم .

يجب العمل على إقامة غطاء نباتى دائم في الأراضى التى لا تستخدم في الإنتاج الزراعي وذلك لحماية التربة من الإنجراف .

- إدارة المخلفات .

استخدام الحرث الذى يحتفظ بمخلفات المحاصيل السابقة على سطح التربة .

- الزراعة الكونتورية .

استخدام أساليب الزراعة الكنتورية في الأراضى شديدة الأنحدار وذلك بالزراعة على خطوط عمودية على إتجاه الأنحدار .

- الزراعة في شرائط .

زراعة محاصيل مختلفة متجاورة من الحبوب والعلف .

- زراعة محاصيل جذرية .
- استخدام Mulching .
- استخدام بقايا نباتية وتركها فوق سطح التربة لحماية التربة من الأنجراف.
- استخدام مناطق عازله .

زراعة مناطق بالحشائش بجوار المحاصيل المختلفة حيث تعمل هذه المناطق كمنطقة استقبال للأتربة المنجرفة نتيجة التعرية والجريان السطحي .

ب) إختبارات التربة وتوصيات السماد .

معدلات إضافة الأسمدة الفوسفاتية إلى المحاصيل المختلفة يجب أن تعتمد على أسس علمية . فتوصيات إضافة السماد الفوسفاتى لابد من ربطها باختبارات التربة التى تجرى بالمعمل وكذلك إستجابة المحصول لمعدلات السماد الفوسفاتى المضافة . وفى البلاد المتقدمة تم تطوير توصيات الأسمدة للمحاصيل المختلفة وإيجاد علاقة بين اختبارات التربة للفوسفور التى تجرى في المعمل وهذه التوصيات وللأسف الشديد فإن توصيات الأسمدة في البلدان

النامية لم يتم تطويرها بالدرجة الكافية للإعتماد عليها .

وعند إجراء إختبارات التربة للفوسفور يجب الأهتمام بأخذ عينات التربة قبل الزراعة بثلاثة أسابيع كما يجب أن نكون هذه العينات ممثله تمثيلا دقيقاً للحقل مع والحرص على أخذ العينات على عمق 30 سم من السطح . أيضاً يجب أخذ عينات التربة مرة واحدة على الأقل خلال الدورة الزراعية والأحتفاظ بسجلات مستوى العناصر في التربة لكل حقل .

ج) طريقة وضع السماد .

أن الطريقة الصحيحة لوضع السماد في منطقة الجذور هامة جداً لزيادة كفاءة إمتصاص النبات للعناصر الغذائية وبالتالى الحصول على المحصول الأعظم . ولذلك يجب عدم وضع السماد الفوسفاتى على سطح التربة نثراً وإنما يجب إضافته تكبيشاً تحت البذرة أو مع البذرة وذلك لخفض الفاقد من الفوسفور عن طريق الإنجراف .

د) إدارة السماد المعدنى .

أن الإدارة المثلى لخصوبة التربة في الحقل الواحد يمكن أن تؤدى إلى زيادة كفاءة استخدام الأسمدة وزيادة العائد الإقتصادى للمحصول مع خفض التلوث البيئى ولاستخدام استراتيجية فعاله إتبع ما يلى :

١- قسم الحقل إلى وحدات إدارية مختلفة تبعا للقدرة الإنتاجية لكل قسم .

٢- خذ عينات تربة ممثلة لكل قسم (وحدة إدارية) .

٣- استخدام جداول توصيات الأسمدة لإضافة السماد تبعا للمقدرة الأنتاجية لكل قسم (وحدة) وبناء على نتائج تحليل التربة لكل وحدة ادارية .

هـ) إدارة السماد العضوى .

الجريان السطحي من الحقول المسمدة بالأسمدة العضوية يحمل الملوثات الذائبة والرسوبيات المحملة بالملوثات إلى المياه السطحية . وبالتالى فإن السماد العضوى الذى يحتوى على تركيزات عالية من الفوسفور يكون له تأثير سئ على جودة المياه السطحية . ولذلك فإن إدارة الأسمدة العضوية يجب أن تأخذ في الاعتبار طرق ومعدل وزمن إضافة السماد العضوى وكذلك طرق تخزين هذا السماد .

وبوجه عام فإن إضافة السماد العضوى تحت سطح التربة أو خلطة بالتربة يمكن أن يخفض من تلوث المياه السطحية بالفوسفور . أيضاً يجب الأخذ في الأعتبار محتوى الفوسفور في السماد العضوى المضاف إلى التربة عند التسميد بالأسمدة الفوسفاتية . وتعتبر فترة الشتاء هى الفترة التى يتعاظم فيها إحتمالات تلوث المياه السطحية بالفوسفور نتيجة إضافة الأسمدة العضوية وذلك لصعوبة تحلل الأسمدة وزيادة الجريان السطحي في هذه الفترة .

أيضاً عند إضافة الأسمدة العضوية يجب الأخذ في الأعتبار موقع الحقل والأنحدار وقرب الموقع من المجارى المائية .

و) إدارة بقايا النباتات .

إستخدام الحرث غير العميق Conservative والذى يسمح بالإحتفاظ بمخلفات النبات على سطح التربة تعتبر من الممارسات الصحيحة لحماية المياه السطحية من التلوث بالفوسفور لأنه يخفض كل من الإنجراف والجريان السطحي .

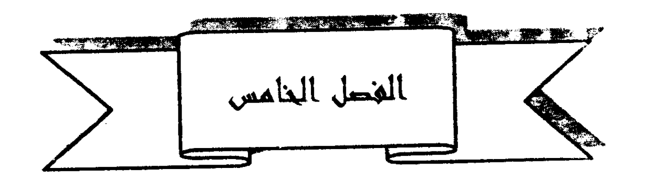
ر) المناطق المنظمة Buffer Areas

زراعة شريط من التربة حول المسطحات المائية يعمل على خفض

محتوى ماء الجريان السطحي من المغذيات والارسوبات حيث تعمل هذه المناطق العازلة على خفض سرعة ماء الجريان السطحي عند مرروة بها وبالتالى تقل قدرته على حمل الرسوبيات بالإضافة إلى ترسب الرسوبات في هذه المنطقة العازلة وتخلل ماء الجريان السطحي لهذه المنطقة مما يؤدى إلى خفض حمولة ماء الجريان السطحي بدرجة كبيرة .

ملخص المارسات التى يجب إتباعها لحماية الماء السطحي من التلوث بالفوسفور :

- تستخدم المارسات الضرورية للتحكم في إنجراف التربة لخفض الجريان السطحي وفقد التربة .
- يتم إضافة الأسمدة الفوسفورية تبعاً لإختبارات التربة وتوصيات الأسمدة.
- يؤخذ في الأعتبار محتوى السماد العضوى من الفوسفور عند التسميد الفوسفاتى .
- إضافة الأسمدة الفوسفاتية تكبيشا أسفل سطح التربة .
- خفض كميات الأسمدة العضوية المضافة للأراضى غير المحروثة .
- تفادى التسميد العضوى للأراضى المنحدرة والمشبعة والقريبة من المسطحات المائية .
- زراعة مناطق بمحاذاة المسطحات المائية تعمل كمناطق منظمة لماء الجريان السطحي .



المبيدات كملوثات للماء

- التطور التاريخي للمبيدات .
- حركة المبيدات في التربة والماء .
- العوامل المحددة لقدرة المبيد على تلويث الماء .



المبيدات كملوثات للماء

يطلق لفظ "مبيدات" على جميع المواد الكيمائية التي تستخدم لقتل الآفات والسيطرة عليها وتشمل مبيدات الحشائش herbicides ، المبيدات الحشرية insecticides ومبيدات الفطريات Fungicides ، ومبيدات النيماتودا nematocides ، ومبيدات القوارض redenticides .

ويعتبر تطور واستخدام المبيدات في السيطرة على جميع الآفات التي تصيب وتؤثر على إنتاجية المحاصيل وجودتها أحد المعالم الهامة للثورة الخضراء . وعلى الرغم من نجاح المبيدات في السيطرة على كثير من الآفات إلا أن ذلك للأسف الشديد أدى إلى تهديد الكثير من مقومات النظام البيئي والمقاومة الطبيعية وفقد التنوع البيولوجي .

استخدام المبيدات في الزراعة . يعد جزء من المواد الكيميائية الصناعية المستخدمة في المجتمع الحديث . ولقد قدرت الجمعية الكيميائية الأمريكية عدد المواد الكيميائية المستخدمة بحوالي 13 مليون مادة كيميائية في سنه 1993 وتضاف حوالي نصف مليون مادة كيميائية جديدة كل عام وعلى سبيل المثال فلقد قامت البعثة العالمية المشتركة الخاصة بمنطقة البحيرات العظمى في

أمريكا الشمالية بحصر حوالي 200 مادة كيميائية تم التعرف عليها في مياه ورسوبيات النظام البيئي للبحيرات ناتجة أساساً من استخدام المبيدات في الزراعة وبوجه عام فلقد ثبت قطعيا أن استخدام المبيدات في الزراعة يؤثر سلبا على جودة المياه ويؤدى إلى تداعيات بيئية خطيرة .

التطور التاريخي للمبيدات

دراسة تاريخ تطور المبيدات واستخداماتها ضروري لفهم كيف ولماذا تعتبر المبيدات مصدر تهديد للأنظمة البيئية المائية ولماذا ينحسر هذا التهديد في الدول المتقدمة ويظل قائما في الدول النامية ويوضح الجدول رقم (5-1) تاريخ تطور المبيدات .

جدول رقم (5-1): تاريخ تطور المبيدات

الفتـــرة	مثــــال	المصدر	الخصائص
1800 - 1920	نيتروفينول-كلوروفينول-نافثالين – زيت البترول .	الكيمياء العضوية-نواتج إنتاج غاز الفحم .	غير متخصصه وغالبا ما تكون سامة للأحياء غير المستهدفة .
1945 - 1955	المواد العضوية المكلورة-DDT -سيكلورينيز المكلورة Cyclodienes .	تخليق عضوي	مقاومة للتحلل-متخصصة مفيدة للصحة العامة (مقاومة الأمراض)تأثير بيئي سئ .
1945 - 1970	مركبات عضوية فوسفورية-كاربامات Carbamates .	تخليق عضوي	أقل مقاومة للتحلل-تسبب بعض المشاكل البيئية .
1970 - 1985	باير وثرويد مخلقة-هرمونات مخلقة-مبيدات بيولوجية .	نظام هجومي جديد تعديل في البناء والنشاط	أقل مقاومة للتحلل-تسبب بعض المشاكل البيئية .
1985 -	كائنات معدلة وراثياً .	نقل جينات المبيدات البيولوجية للكائنات الأخرى وللنباتات والحيوانات . تغيير بعض الجينات في النبات لمقاومة الأمراض والآفات	مشاكل محتملة تنتج من النباتات المعدلة وراثيا وتأثير سلبي على البيئة الميكروبيولوجية .

ومن الجدول السابق نلاحظ أن المبيدات في البداية كانت سامة ومقاومة للتحلل مثل DDT وتطورت إلى مبيدات سهلة التحلل في البيئة وغير سامة للكائنات الأخرى غير المستهدفة ولقد حرمت الدول المتقدمة الكثير من المبيدات القديمة لتأثيرها السام على الإنسان والبيئة وتستخدم الآن المبيدات المطورة حديثا . أما الدول النامية فكثير منها ما زال يستخدم المبيدات القديمة لرخصها وفعالية بعضها في القضاء على الأمراض مثل استخدام DDT للقضاء على الملاريا .

حركة المبيدات في التربة والماء

يرغب المزارعون بوجه خاص وكافة البشر بوجه عام في أن يتم استخدام المبيدات وتداولها بعناية شديدة وذلك لتفادى تلوث مياهنا السطحية والجوفية . ولذلك فإن معرفة خواص المبيدات وخواص التربة وظروف الموقع سوف يساعدنا جميعا في فهم سبب وجود بعض أنواع المبيدات في المياه وعدم وجود البعض الآخر كما يلقى الضوء عن وجود بعض المبيدات في المياه الجوفية لمناطق جغرافية بعينها وعدم وجودها في المناطق أخرى .

حركة المبيدات

يوضح الشكل (5-1) مصير المبيدات عند إضافتها للتربة ويشمل :

١- الامتصاص بواسطة النبات .

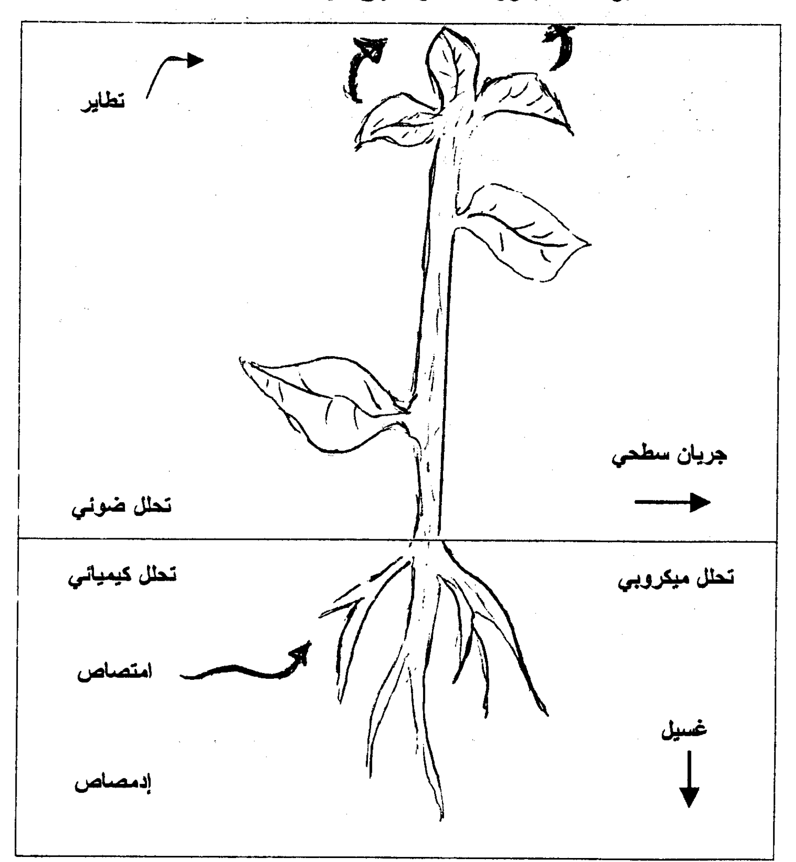
٢- الإدمصاص على سطوح حبيبات التربة .

٣- التحلل بواسطة أشعة الشمس (تحلل ضوئي photo degradation) .

٤- يتم تناولها بواسطة الحشرات والحيوانات والديدان والميكروبات الموجودة في التربة .

٥- التطاير Volatilization .

٦- تتحلل بواسطة ميكروبات التربة إلى مركبات أقل سميه .



شكل (5-1): حركة المبيدات ومسارات تُحللها في التربة

يمكن للمبيدات المضافة للتربة أن تصل إلى المياه السطحية والجوفية عن طريق :

أ) الجريان السطحي runoff :

وسيلة النقل الفيزيائية للملوثات الموجودة على سطح التربة (مواد كيميائية

أو حبيبات تربة بواسطة مياه المطر – ذوبان الثلوج أو مياه الري التي لا تخترق التربة إلى أسفل) .

ب) الغســيل :

وفيه تحترق الملوثات الذائبة في ماء الري أو ماء المطر سطح التربة وتتحرك لأسفل إلى المياه الجوفية .

ويوجد العديد من العوامل التي تحدد قدرة المبيدات على الوصول إلى الماء الجوفي وتشمل :

١- خواص المبيد .
٢- خواص التربة .
٣- ظروف الموقع .
٤- إدارة المزرعة .
٥- المناخ .
٦- طريقة الإضافة .

خواص المبيد

إن الخواص الفيزيائية والكيميائية التي تجعل المبيد فعالا في مكافحة الآفات هي نفسها التي تعطى المبيد المقدرة على تلويث الماء الجوفي . فمصير المبيد المضاف إلى التربة يعتمد بدرجة كبيرة على خاصتين أساسيتين وهما : الإدمصاص ودرجة المقاومة للتحلل Persistence .

أ) درجة المقاومة للتحلل Persistence .

وتعرف بأنها احتفاظ المبيد بفعاليته Lasting power . فأغلب المبيدات تتحلل بمرور الزمن بفعل العديد من التفاعلات الكيميائية والميكروبيولوجية علما بأن التفاعلات الكيميائية تعمل فقط على خفض فعالية المبيدات في حين أن الكائنات الحية الدقيقة في التربة يمكنها تكسير العديد من المبيدات إلى ماء ثاني أكسيد الكربون ومركبات غير عضوية أخرى . ومن المعروف أن أعداد الميكروبات تتناقص بدرجة كبيرة أسفل منطقة الجذور ولذلك فإن المبيدات التي

تتحرك إلى أسفل منطقة الجذور يكون من الصعب تحللها بواسطة الميكروبات وإنما تتحلل بواسطة التفاعلات الكيميائية . ويقاس زمن التحلل للمبيد عن طريق فترة نصف العمر التي تعرف بأنها الفترة الزمنية التي يستغرقها المبيد في التربة ليصل إلى نصف مستوى نشاطه منذ إضافته إلى التربة (مثال : إذا كانت فترة نصف العمر لمبيد ما 30 يوما فإن 50% من المبيد سوف يتحلل بعد 30 يوماً) .

المبيدات التي لها فترة نصف عمر قصيرة لا تمكث مدة كافية في التربة لكي يحدث لها غسيل وتصل إلى الماء الجوفي بعكس المبيدات ذات فترة نصف عمر طويلة والتي تكون عندها فرصة كبيرة للغسيل والوصول إلى الماء الجوفي .

ولذلك تنقسم المبيدات إلى ما يلي :

١- مبيدات غير مقاومة للتحلل :

وهى المبيدات التي لها فترة نصف عمر تقل عن ثلاثون يوماً .

٢- مبيدات متوسطة المقاومة للتحلل :

وهى المبيدات التي لها فترة نصف عمر تتراوح بين 100-30 يوماً .

٣- مبيدات مقاومة للتحلل :

وهى المبيدات التي تزيد فترة نصف العمر لها عن 100 يوماً .

جدول رقم (5-2) تقسيم درجة مقاومة المبيدات للتحلل تبعاً لفترة نصف العمر

غير مقاومة للتحلل (30 > يوماً)	متوسط المقاومة للتحلل (30-100 يوماً)	مقاومة للتحلل (100< يوماً)
Alachlor (Lasso)	Atrazine (A Atrex)	Bromacil (Hyvar)
Aldicarb (Temik)	Azinphos-methyl (Guthion)	DBCP (Nemagon)
Butylate (Sutan)	Carbaryl (Sevin)	Dieldrin (Alvit)
Captan	Carbofuran (Furadan)	Diuron (Karmex)
Dalapon	Chlorpyrifos	Lindane
Dicamba (Banvel)	Chlorsulfuron (Glean)	Paraquat
Dimethoate (Cygon)	DCPA (Dacthal)	Picloram (Tordon)
Disulfoton (Di-Syston)	Diazinon	
Fluazifop-butyl (Fusilade)	EPTC (Eptam)	
Malathion	Fenvalerate (Pydrin)	
Metalaxyl (Apron)	Fonofos (Dyfonate)	
Mrthomyl	Glyphosate (Roundup)	
Methyl	Liniron	
Oxamyl (Vydate-L)	Metribuzin (Sencor)	
2,4-D	Oxyfluorfen (Goal)	
	Parathion	
	Permethrin (Ambush)	
	Phorate (Thimet)	
	Pronamide (Kerb)	
	Simazine (Princep)	
	Terbacil (Sinbar)	
	TCA	
	Trifluralin (Treflan	

ب) الإدمصاص .

تعمل عمليه الإدمصاص على ارتباط المبيدات بحبيبات التربة نتيجة للتجاذب بين المبيد وحبيبات التربة حيث تحمل حبيبات التربة شحنات سالبة بينما تحمل المبيدات شحنات موجبة .

المبيدات المدمصة بقوة على سطوح حبيبات التربة تكون أقل عرضة للفقد بالغسيل من المبيدات ضعيفة الإدمصاص في حين ان المبيدات قوية الادمصاص تكون أكثر عرضة للفقد عن طريق الجريان السطحي .

العديد من العوامل التي تؤثر على عملية إدمصاص المبيدات تشمل :

- درجة حموضة التربة .
- درجة الحرارة .
- المواد الأخرى المدمصة على التربة .
- كمية ونوع المواد العضوية في التربة .
- نوع شحنة المبيد .

وبوجه عام فإن المبيدات عالية الذوبان في الماء تكون ضعيفة الإدمصاص على حبيبات التربة وتمثل خطراً شديداً على المياه الجوفية (جدول 3-5) .

جدول (3-5): تقسيم حركة المبيدات على أساس القابلية للغسيل والجريان السطحي Soil Conservation Service, USDA .

المبيد	القابلية للغسيل	القابلية للجريان السطحي	إمكانية وجودة في الماء الجوفي
2,4-D acid (Dacamine)	متوسطة	ضعيفة	يوجد
2,4-D ester (Weedone)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
2,4-D amine (Weedar)	متوسطة	متوسطة	يوجد
2,4-DB ester (Butyrac Ester)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
2,4-DB amine (Butyrac)	متوسطة	ضعيفة	يوجد
Acephate (Orthene)	ضعيفة	ضعيفة	–
Aciflourfen (Tackle, Blazer)	متوسطة	متوسطة	يوجد
Alachlor (Lasso)	متوسطة	متوسطة	يوجد
Aldicarb (Temik)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Ametryn (Evik)	متوسطة	متوسطة	يوجد
Amidochlor (Limit)	ضعيفة	متوسطة	–
Amitraz (Mitac)	ضعيفة	متوسطة	–
Amitorle (Amitrol T)	متوسطة	متوسطة	–
Ancymidol (A-Rest)	متوسطة	متوسطة	–
Anilazine (Dyrene)	ضعيفة	ضعيفة	–
Assert (Assert)	كبيرة	متوسطة	–

المبيد	القابلية للغسيل	القابلية للجريان السطحي	إمكانية وجودة في الماء الجوفي
Asulam (Asulox)	متوسطة	ضعيفة	–
Atrazine (A Atrex)	كبيرة	متوسطة	يوجد
Azinphos-methyl (Guthion)	ضعيفة	كبيرة	–
Benefin (Balan)	ضعيفة	كبيرة	–
Benomyl (Benlate)	ضعيفة	كبيرة	–
Bensulide (Prefar)	ضعيفة	كبيرة	–
Bentazon (Basagran)	متوسطة	ضعيفة	يوجد
Bromoxynil (Buctril)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
Butylate (Sutan)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
Carbaryl (Sevin)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
Carbofuran (Furadan)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Carboxin (Vitavax)	متوسطة	متوسطة	يوجد
Chloramben (Amiben)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Chlorimuron ethyl (Classic)	كبيرة	ضعيفة	–
Chloropicrin (Chlor-O-Pic)	ضعيفة	ضعيفة	–
Chlorothalonil (Bravo)	ضعيفة	كبيرة	يوجد
Chlorpyrifos (Lorsban, Dursban)	ضعيفة	كبيرة	–
Chlorsulfuron (Glean)	كبيرة	ضعيفة	–
Clomazone (Command)	كبيرة	متوسطة	–
Clopyralid (Lontrel, Reclaim)	كبيرة	ضعيفة	–
Cyanazine (Bladex)	متوسطة	متوسطة	يوجد
Cycloate (Ro-Neet)	ضعيفة	كبيرة	–
Cypermethrin (Cymbush, Ammo)	ضعيفة	كبيرة	–
Cyromazine (Larvadex)	كبيرة	ضعيفة	–
Dalapon (Basfapon)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Daminozide (Alar)	متوسطة	ضعيفة	–
DCNA (Botran)	ضعيفة	كبيرة	–
DCPA (Dacthal)	ضعيفة	كبيرة	–
Diazinon (D.Z.N.)	ضعيفة	كبيرة	–
Dicamba (Banvel)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Dichlobenil (Casoron)	متوسطة	متوسطة	–

المبيد	القابلية للغسيل	القابلية للجريان السطحي	إمكانية وجودة في الماء الجوفي
Dichloropropene (Telone)	متوسطة	متوسطة	-
Dichlorprop (Weedone)	ضعيفة	متوسطة	-
Diclofop methyl (Hoelon)	ضعيفة	كبيرة	-
Dicofol (Kelthane)	ضعيفة	كبيرة	-
Dicrotophos (Bidrin)	متوسطة	كبيرة	-
Diethatyl ethyl (Antor)	ضعيفة	متوسطة	-
Difenzoquat methyl sulfate (Avenge)	ضعيفة	كبيرة	-
Diflubenzuron (Dimilin)	المجموع ضعيف	كبيرة	-
Dimethoate (Cygon)	متوسطة	ضعيفة	-
Dinocap (Karathane)	ضعيفة	متوسطة	-
Diquat (Diquat)	ضعيفة	كبيرة	-
Disulfoton (Di-Syston)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
Diuron (Karmex)	متوسطة	كبيرة	يوجد
DNOC (Elgetol)	متوسطة	متوسطة	-
Dodine (Cyprex)	ضعيفة	كبيرة	-
Endosulfan (Thiodan)	ضعيفة	كبيرة	-
Endothall (Des-I-cate)	ضعيفة	ضعيفة	-
EPTC (Eptam)	متوسطة	متوسطة	-
Esfenvalerate (Asana)	ضعيفة	كبيرة	-
Ethalfluralin (Sonalan)	ضعيفة	كبيرة	-
Ethephon (Cerone)	المجموع ضعيف	متوسطة	-
Ethion (Ethion)	ضعيفة	كبيرة	-
Ethofumesate (Nortron)	كبيرة	متوسطة	-
Ethoprop (Mocap)	كبيرة	متوسطة	-
Etridiazole (Terrazole)	ضعيفة	كبيرة	-
Fenamiphos (Nemacur)	متوسطة	متوسطة	يوجد
Fenarimol (Rubigan)	ضعيفة	متوسطة	-
Fenbutatin-oxide (Vendex)	ضعيفة	كبيرة	-
Fenoxaprop-ethyl (Acclaim)	المجموع ضعيف	كبيرة	-
Fenoxycarb (Logic)	ضعيفة	ضعيفة	-

المبيد	القابلية للغسيل	القابلية للجريان السطحي	إمكانية وجودة في الماء الجوفي
Fenvalerate (Pydrin)	ضعيفة	كبيرة	–
Fernam (Carbamate)	متوسطة	متوسطة	–
Fluazifop-butyl (Fusilade)	ضعيفة	كبيرة	–
Flucythrinate (Pay-Off, Cybolt)	ضعيفة	كبيرة	–
Fluridone (Sonar)	متوسطة	كبيرة	–
Fluvalinate (Mavrik)	ضعيفة	كبيرة	–
Fonofos (Dyfonate)	متوسطة	كبيرة	–
Formetanate (Carzol)	ضعيفة	كبيرة	–
Fosamine ammonium (Krenite)	المجموع ضعيف	متوسطة	–
Fosethyl-Al (Aliette)	ضعيفة	كبيرة	–
Glyphosate (Roundup)	ضعيفة	كبيرة	–
Hexazinone (Velpar)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Hydramethylnon (Amdro)	المجموع ضعيف	كبيرة	–
Imazquin (Scepter)	كبيرة	ضعيفة	–
Iprodione (Rovral)	ضعيفة	متوسطة	–
Isopropylamine salt of imazapyr (Arsenal, Chopper)	كبيرة	ضعيفة	–
Lindane (Isotox)	متوسطة	كبيرة	–
Linuron (Lorox)	متوسطة	كبيرة	–
Malathion (Cythion)	ضعيفة	ضعيفة	–
Maleic hydrazide (Royal MH-30)	كبيرة	ضعيفة	–
Mancozeb (Manzate, Dithane M-45)	ضعيفة	كبيرة	–
Maneb (Dithane)	ضعيفة	متوسطة	–
MCPA ester (Weedone)	ضعيفة	كبيرة	–
MCPA salt (Weedar)	كبيرة	ضعيفة	–
MCPB (Thistrol)	ضعيفة	متوسطة	–
Mecoprop (MCPP)	كبيرة	ضعيفة	–
Metalaxyl (Apron)	متوسطة	ضعيفة	–
Metaldehyde (Metaldehyde)	ضعيفة	متوسطة	–
Metham (Vapam)	متوسطة	ضعيفة	–

المبيد	القابلية للغسيل	القابلية للجريان السطحي	إمكانية وجودة في الماء الجوفي
Methamidophos (Monitor)	ضعيفة	متوسطة	-
Methazole (Probe)	ضعيفة	كبيرة	-
Methidathion (Supracide)	ضعيفة	متوسطة	-
Methiocarb (Mesurol)	متوسطة	متوسطة	-
Methomyl (Lannate, Nudrin)	متوسطة	ضعيفة	يوجد
Methyl isothiocyanate (Vortex)	متوسطة	ضعيفة	-
Methyl parathion (Penncap-M)	المجموع ضعيف	متوسطة	-
Metiram (Polyram)	ضعيفة	كبيرة	-
Metolachlor (Dual)	متوسطة	متوسطة	يوجد
Metribuzin (Sencor, Lexone)	كبيرة	متوسطة	يوجد
Metsulfuron-methyl (Ally)	كبيرة	متوسطة	-
Mevinphos (Phosdrin)	متوسطة	ضعيفة	-
Molinate (Ordram)	متوسطة	متوسطة	-
Monocrotophos (Azodrin)	كبيرة	ضعيفة	-
MSMA (Bueno)	ضعيفة	كبيرة	-
NAD or NA Am (Amid-Thin)	ضعيفة	متوسطة	-
NAA ester (Tre-Hold)	ضعيفة	متوسطة	-
NAA salt (Fruitone)	متوسطة	ضعيفة	-
Naled (Dibrom)	ضعيفة	متوسطة	-
Napropamide (Devrinol)	متوسطة	كبيرة	-
Naptalam (Alanap L)	متوسطة	ضعيفة	-
Norflurazon (Evital)	متوسطة	متوسطة	-
Oryzalin (Surflan)	ضعيفة	كبيرة	-
Oxamyl (Vydate-L)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Oxycarboxin (Plantvax)	كبيرة	ضعيفة	-
Oxydemeton-methyl (Metasystox-R)	كبيرة	ضعيفة	-
Oxyfluorfen (Goal)	ضعيفة	كبيرة	-
Oxythioquinox (Morestan)	ضعيفة	كبيرة	-
Paraquat (Gramoxone)	ضعيفة	كبيرة	-
Parathion (Phoskil)	ضعيفة	متوسطة	-

المبيد	القابلية للغسيل	القابلية للجريان السطحي	إمكانية وجودة في الماء الجوفي
PCNB (Terraclor)	ضعيفة	كبيرة	–
Pebulate (Tillam)	متوسطة	متوسطة	–
Pendimethalin (Prowl)	ضعيفة	كبيرة	–
Permethrin (Ambush, Pounce)	ضعيفة	كبيرة	–
Petroleum oil (Volck, Supreme, or Superior oils)	ضعيفة	متوسطة	–
Phenmedipham (Betamix)	ضعيفة	كبيرة	–
Phorate (Thimet)	متوسطة	كبيرة	–
Phosalone (Zolone)	ضعيفة	متوسطة	–
Phosmet (Imidan)	ضعيفة	متوسطة	–
Phosphamidon (Dimecron)	كبيرة	ضعيفة	–
Picloram (Tordon)	كبيرة	ضعيفة	يوجد
Piperalin (Pipron)	ضعيفة	متوسطة	–
Profenofos (Curacron)	ضعيفة	كبيرة	–
Prometon (Pramitol)	كبيرة	كبيرة	–
Prometryn (Caparol)	ضعيفة	متوسطة	–
Pronamide (Kerb)	ضعيفة	كبيرة	يوجد
Propachlor (Ramrod)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
Propanil (Stam)	ضعيفة	ضعيفة	–
Propargite (Comite, Omite)	ضعيفة	كبيرة	–
Propazine (Milogard)	كبيرة	متوسطة	يوجد
Propiconazole (Tilt)	متوسطة	متوسطة	–
Pyrazon (Pyramin)	كبيرة	متوسطة	–
Quizalafop-ethyl (Assure)	ضعيفة	كبيرة	–
Sethoxydim (Poast)	ضعيفة	ضعيفة	–
Siduron (Tupersan)	متوسطة	كبيرة	–
Simazine (Princep)	كبيرة	متوسطة	يوجد
Sulfometuron methyl (Oust)	كبيرة	متوسطة	–
Sulprofos (Bolstar)	ضعيفة	متوسطة	–
Tebuthiuron (Spike)	كبيرة	ضعيفة	يوجد

المبيد	القابلية للغسيل	القابلية للجريان السطحي	إمكانية وجودة في الماء الجوفي
Temephos (Abate)	ضعيفة	كبيرة	-
Terbacil (Sinbar)	كبيرة	متوسطة	يوجد
Terbufos (Counter)	ضعيفة	متوسطة	يوجد
Thiobencarb (Bolero)	ضعيفة	متوسطة	-
Thiodicarb (Larvin)	ضعيفة	متوسطة	-
Thiophanate (Topsin-E)	متوسطة	ضعيفة	-
Thiram (Thiram)	متوسطة	متوسطة	-
Triadimefon (Bayleton)	متوسطة	متوسطة	-
Triallate (Far-Go)	ضعيفة	كبيرة	-
Tribufos (Folex)	ضعيفة	كبيرة	-
Trichlorfon (Dylox)	كبيرة	ضعيفة	-
Triclopyr (Crossbow, Access, Garlon, Grazon)	متوسطة	كبيرة	-
Tridiphane (Tandem)	ضعيفة	كبيرة	-
Trifluralin (Treflan)	ضعيفة	كبيرة	يوجد
Triforine (Funginex)	ضعيفة	متوسطة	-
Trimethacarb (Broot)	ضعيفة	متوسطة	-
Vernolate (Reward, Surpass, Vernam)	متوسطة	متوسطة	-
Vinclozalin (Ronilan)	متوسطة	متوسطة	-
Ziram (Ziram)	ضعيفة	متوسطة	-

٢- خواص التربة

نفاذية التربة

وهى مقياس لمدى سرعة حركة الماء إلى أسفل خلال قطاع التربة . ويؤثر كل من قوام وبناء التربة بدرجة كبيرة على نفاذية التربة فالأراضي الرملية على سبيل المثال تكون أكثر نفاذية من الأراضي الطينية كما أن التربة ذات البناء الجيد تحتوى على مسام أكبر وبالتالي تكون أكثر نفاذية من التربة

ذات البناء الضعيف . وبزيادة نفاذية التربة تزداد احتمالات وصول المبيدات إلى الماء الجوفي عن طريق الغسيل .

المادة العضوية

كثير من المبيدات تدمص بواسطة مادة التربة العضوية وبالتالي تخفض من معدل حركة هذه المبيدات في التربة إلى أسفل فحركة المبيدات ومقدرتها على تلويث الماء الأرضي تكون عالية في الأراضي ذات المحتوى المنخفض من المادة العضوية ولذلك يجب أن نعمل على زيادة مادة التربة العضوية والحفاظ عليها وذلك بإضافة الأسمدة العضوية وبقايا المحاصيل وخلطها بالتربة واختزال عمليات الحرث .

٣- ظروف الموقع

الأمطار والرى

في الأماكن التي يكون سقوط الأمطار فيها غزيراً فان حركة المياه إلى أسفل تكون كبيرة وبالتالي تزداد احتمالات غسيل المبيدات إلى أسفل وبالتالي تلوث الماء الجوفي خاصة إذا كانت نفاذية التربة عالية ومحتواها من المادة العضوية منخفض والمبيد مقاوم للتحلل ودرجة إدمصاصة ضعيفة على التربة . ولذلك ففي مثل هذه الحالات يجب عدم إضافة المبيدات قبل الري أو سقوط الأمطار .أيضاً يجب تفادى الري الزائد خاصة في المراحل المبكرة والمتأخرة من نمو المحصول وذلك لضعف مقدرة المحصول في تلك الفترات على امتصاص كمياه مياه زيادة من التربة ولذلك فإن كمية المياه وعدد مرات الري يجب أن تعتمد على خواص المحصول الاستهلاكية ومقدرة التربة على مسك الماء .

العمق إلى الماء الجوفي

يقل الزمن الذي يستغرقه المبيد للوصول إلى الماء الجوفي كلما قل العمق إلى الماء الجوفي وعموماً فإن العمق إلى الماء الأراضى يكون أقل ما يمكن في الربيع وأكبر ما يمكن في الصيف ولذلك يجب تفادى إضافة المبيدات قبل الري في الربيع وذلك لأن الماء الأرضي يكون قريباً من السطح واحتمال تلوث المياه بالمبيدات يكون عاليا .

تحديد مقدرة المبيد على تلويث الماء الجوفي

إن مقدرة المبيد على تلويث الماء الجوفي تتوقف على العوامل التالية :

أ – معدل إضافة المبيد .

ب- طريقة إضافة المبيد .

ج- حركية المبيد ومقاومته للتحلل .

د – نفاذية التربة ومحتواها من المادة العضوية .

هـ- وقت الري ونزول المطر وكميته .

و – العمق إلى الماء الجوفي .

ويوضح الجدول (5-4) العوامل التي تؤدى إلى زيادة قدرة المبيد لتلويث الماء الجوفي . ولذلك فيجب تفادى استخدام المبيدات المقاومة .

جدول (5-4): العوامل المسببة لزيادة احتمالات تلوث الماء الجوفي بالمبيدات

خواص المبيد	خواص التربة	ظروف الموقع
مقاوم للتحلل (فترة نصف العمر طويلة)	تربة رملية أو حصوية (نفاذية عالية)	عمق ماء جوفي ضحل
حركية عالية (القدرة على الغسيل عالية)	محتوى منخفض من المادة العضوية (أقل من 2%)	ري زائد
معدل إضافة عالي		مطر غزير

للتحلل (جدول 5-2) والمتحركة (جدول 5-3) في الأراضي الرملية والحصوية ذات المحتوى المنخفض من المادة العضوية وخاصة إذا كان الماء الجوفي قريب من السطح وغير عميق . وأيضا يجب تفادى الري الزائد في هذه الأراضي خاصة عندما يتزامن وقت إضافة المبيد مع الري .

إختيار المبيد واستخدامه

استخدام المبيد واختياره يجب أن يكون جزء من استراتيجية إدارة الآفات الزراعية شاملا التحكم البيولوجي واختيار أنواع المحاصيل المقاومة للآفات والممارسات الأخرى في إطار المكافحة المتكاملة للآفات . فعند الحاجة إلي إضافة مبيد ما فالاختيار يجب أن يكون على أساس فعالية ودرجة سميته للأنواع غير المستهدفة والتكاليف وذائبيته ومقاومته للتحلل ونوع وخواص التربة المضاف إليها .

بعض المبيدات الموضحة بجدول (5-3) محظور استخدامها بسبب سميتها الشديدة للكائنات غير المستهدفة وطول فترة نصف العمر لها . ويجب على مستخدمي المبيدات إتباع التعليمات الموضحة على العبوة تماماً لضمان الأمان للكائنات غير المستهدفة في موقع الإضافة وأيضاً بعيداً عن الموقع .

العوامل المؤثرة على سمية المبيدات في البيئة المائية

تقدر مخاطر استخدام المبيدات على البيئة بإتباع المعايير التالية :

أ- السمية Toxicity

يعبر عن سمية المبيد للكائنات الحيه بما يسمى بالجرعة القاتلة (Lethal Dose, LD_{50}) وتعرف بأنها تركيز المبيد الذي يقتل نصف الكائنات المعرضة تحت الاختبار في فترة زمنية معينة . كلما قل تركيز الجرعة القاتلة LD كلما زادت سمية المبيد وتتراوح قيم الجرعة عادة بين "0-10" .

تقدر معايير سمية المبيد في مياه الشرب والغذاء كما يلي :

المخاطرة = التعرض للمبيد (كمية أو فترة زمنية) × السمية

وتأثير المبيد يكون إما قاتل تحت فترة الاختبار (acute) أو غير قاتل خلال فترة الاختبار (chronic) ولكن يسبب أمراض السرطان والأورام أو فقد القدرة على التكاثر أو تثبيط النمو في الكائن تحت الاختبار .

٢- المقاومة للتحلل Persistence

سبق وأعطينا نبذة عنها في الصفحات السابقة ويجدر الإشارة أن المبيدات الحديثة في الوقت الحاضر تتميز بقصر فترة نصف العمر .

٣- التحلل Degradates

تؤدى عملية تحلل المبيد إلى نواتج قد تكون أكثر أو أقل سمية من المبيد الأصلي :

$$\text{DDT} \xrightarrow{\text{تحلل}} \text{DDD or DDE}$$

تأثير المبيدات على صحة الإنسان

تتأثر صحة الإنسان بالمبيدات عن طريق :

- ملامسه الجلد : عن طريق تداول المبيدات .
- استنشاق : استنشاق الرزاز ، بودرة المبيدات .
- هضم (تناول) : استهلاك غذاء أو ماء ملوث بالمبيد .
- عمال المزرعة: هم من أكثر الناس عرضة لاستنشاق أو ملامسة المبيد خلال تحضير وإضافة المبيدات إلى المحاصيل أما بالنسبة لغالبية السكان فإن الخطر يكمن في تناول الغذاء الملوث بالمبيدات .

تدهور جودة المياه نتيجة المبيدات عن طريق الجريان السطحي يؤثر على صحة الإنسان عن طريق ما يلي :

١- استهلاك الأسماك والمحار الملوثة بالمبيدات .

٢- شرب المياه الملوثة بالمبيدات ولقد وضعت منظمة الصحة العالمية WHO (1993) معايير جودة مياه الشرب بالنسبة لعدد من المبيدات . كما أن بعض المنظمات حماية البيئة وضعت قيم الجرعات اليومية المقبولة بدون أن تسبب أي خطر للإنسان .

مراقبة المبيدات في المياه السطحية

البيانات الخاصة بالمبيدات في المياه السطحية – بوجه عام – قليلة وخاصة في الدول النامية . ففى الدول الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية يوجد برنامج لمراقبة المبيدات الهامة في المياه ويحد من تطور هذا البرنامج التكلفة العالية لتحليل المبيدات وضرورة أخذ عينات مياه في أوقات محدودة مرتبطة بوقت استخدام المبيد . العديد من الدول النامية تجد صعوبة في تطبيق برنامج مراقبة المبيدات في الماء نظراً لصعوبة إجراء تحاليل المركبات العضوية لعدم توفر الأجهزة اللازمة والتمويل الكافي .

بعض المبيدات من الصعب تتبعها في المياه ويوضح الجدول رقم (4-5) سبب صعوبة تتبع المبيدات التي كانت تستخدم قديما في المياه . كمثال نجد أن مدى تركيز المواد الصلبة المعلقة في مياه الأنهار يتراوح بين 1000-100 mg/l ما عدا في حالات الجريان السطحي الغزير حيث يزيد تركيز المواد الصلبة المعلقة في الماء زيادة كبيرة . حوالى 67% من مبيد DDT ينتقل مع المواد الصلبة المعلقة عند تركيز 100 mg/l وتزيد نسبة المبيد المصاحب للمواد المعلقة إلى 93% عندما يكون تركيز الرسوبيات المعلقة إلى 1000 mg/l .

جدول (4-5): نسب تواجد بعض المبيدات بمصاحبة الرسوبيات

المبيد	% للمبيد عند تركيزات مختلفة (mg/l) للرسوبيات المعلقة			
	mg/l = 10	mg/l = 100	mg/l = 1000	mg/l = 10000
Aldrin	15	55	90	100
Atrazine	0	0	2	20
Chlordane	30	75	95	100
DDT	20	67	93	100
Dieldrin	15	55	90	100
Heptachlor	13	48	88	100
Toxaphene	0	0	12	47
Trifluralin	12	45	87	100

ويتضح من الجدول (4-5) أن بيانات متابعة المبيدات في عينات الماء لا تكفي لمعرفة مدى تلوث المياه بالمبيدات التي تتواجد أساساً مع الرسوبات المعلقة .

وجود المبيدات في الماء بتركيزات منخفضة لا يمكن تقديرها بالأجهزة المستخدمة في التحليل الروتيني فلقد لاحظ Gilliom (1984) أن شبكة متابعة المبيدات التابعة لهيئة الحصر الجيولوجي الأمريكي تمتلك أجهزة لتقدير DDT حتى تركيز 0.05 ug/l بينما الحد الحرج لتركيز هذا المبيد في الماء بالنسبة للأحياء المائية هو 0.001 ug/l وبالنسبة للإنسان هو 0.0002 ug/l لذلك فعند ذكر كلمه Not detectible (ND) لا يعنى عدم وجود المبيد في الماء بتركيزات قد تكون مضرة بالإنسان . وعلى هذا الأساس فإنه من المقترح أن تعيد الدول النامية النظر في برامج متابعة مياه الشرب بجدية وذلك للتحصل على بيانات جودة للمياه يمكن استخدامها لحماية صحة الإنسان .

يتطلب متابعة المبيدات برامج معملية وحقلية مرنه قادرة على مواكبة أخذ عينات (ماء – رسوبات – أحياء) في فترات إضافة المبيدات وأيضا أجهزة قادرة على تقدير المبيدات بالتركيزات الحرجة المتعلقة بصحة الإنسان والبيئة . وبالنسبة للمبيدات عالية الذوبان في الماء فإن متابعة هذه المبيدات يجب أن

تكون مرتبطة بفترة استخدامها . وعلى سبيل المثال ففى الولايات المتحدة الأمريكية حيث يوجد دراسات جادة عن سلوك المبيدات في الجريان السطحي أوضح (1994) Schottler أن 55-80% من المبيدات في الجريان السطحي تكون في شهر يونيو علما بأن هذه المبيدات يتم إضافتها في شهر مايو . لذلك فعلى برامج المتابعة مراعاة إجراء تحاليل المبيدات في أزمنة مقاربة لزمن الإضافة .

إدارة المبيدات

الخبرة الأوروبية

أوضح المعهد القومي الهولندي للصحة العامة وحماية البيئة RIVM (1992) أن المياه الجوفية في أوروبا كلها مهددة بالتلوث بالمبيدات وأن حوالي 65% من الأراضي الزراعية في أوروبا سوف يزيد محتوى المبيدات فيها عن الحد الحرج القياسى للدول الأوربية (0.5 ug/l) وأن 25% من هذه الأراضي سوف يبلغ تركيز المبيدات فيها أكثر من عشرة أضعاف التركيز القياسي.

ولذلك فإن الدول الأوروبية ومن أجل حماية الصحة العامة والبيئة من الاستخدام المفرط للمبيدات لجأت إلى الخطوات التالية (FAO / ECE 1991):

- خفض استخدام المبيدات بمقدار 50% .
- منع استخدام بعض المواد الفعالة الضارة .
- مراجعة شروط تسجيل المبيدات .
- تدريب الأفراد القائمين باستخدام المبيدات وإعطائهم رخص .
- إختبار والموافقة على أدوات الرش .
- خفض معدلات الإضافة وتحسين مواعيد إضافة المبيد ليصبح أكثر فعالية وأقل خطراً .

- فرض ضرائب بيئية على المبيدات .
- تشجيع استخدام البدائل الميكانيكية والبيولوجية للمبيدات .
- الحد من الرش بالطائرات .

التجربة الدانمركية

١- في عام 1986 قامت الحكومة الدانمركية بوضع خطة للزراعة المستدامة تمنع استخدام المبيدات (WWF, 1992) بغرض :

- حماية صحة الإنسان من المخاطر والتأثيرات البيئية التي تنجم من استخدام المبيدات في الزراعة .
- حماية البيئة الأرضية والمائية .

وتنص الخطة على خفض استخدام المبيدات بنسبة 50% بحلول عام 1997 ولقد أعلنت منظمة World Wide Fund for Nature (WWF) أن مبيعات المواد الفعالة قلت بنسبة 30% في عام 1993 .

٢- شملت التشريعات والقوانين الدانمركية ما يلي :

- إعادة تقييم المواد الفعالة .

حتى عام 1993 تم إعادة تقييم 223 مادة فعالة وتم إقرار أقل من 40% من هذه المواد .

- تشجيع الزراعة العضوية .

تم رصد ميزانيات لتشجيع التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة العضوية التي تستخدم المبيدات .

- فرض ضرائب على المبيدات .

تم فرض ضرائب على المبيدات بطريقة تؤدى إلى خفض استخدام

المبيدات بدون أن يتأثر القطاع الزراعي وتوجيه هذه الأموال إلى الزراعة العضوية .

- منح شهادات لمستخدمي المبيدات .

جميع المزارعين والعاملين بإضافة المبيدات يجب أن يتحصلوا على شهادة صلاحية للقيام بهذه الأعمال.

- سجلات إضافة المبيدات .

بحلول أغسطس 1993 على جميع المزارعين الاحتفاظ بسجلات توضح مواعيد وكمية المبيدات المضافة .

- ضرورة الحصول على موافقة بشأن أجهزة الرش المستخدمة .

وهذا من شأنه أن يعطى لوزارة الزراعة بعض السيطرة على أنواع الأجهزة المستخدمة في الدانمارك .

- منع استخدام المبيدات على بعد أقل من 10 متر من البحيرات ومجارى المياه والحدائق الخاصة التي تحتوى على نباتات والتي لا تستخدم فيها المبيدات .

المبيدات وجودة المياه في الدول النامية

يتباين استخدام المبيدات في الدول النامية تباينا كبيراً من صفر في أجزاء كبيرة من أفريقيا إلى استخدام مفرط في بعض البلدان التي يوجد فيها زراعة كثيفة مثل البرازيل ومصر وبعض البلدان العربية وقد أوضح Calamari and Naeve (1994) أن تركيزات المبيدات في البيئات البحرية في الدول النامية أقل كثيراً من نظيرتها في الدول المتقدمة لما لهذه البلاد من تاريخ قديم في استخدام المبيدات .

بعـ البلدان النامية التى تشهد نموا سريعا في قطـاع الزراعة تستخدم المبيدات استخداما مفرطا ومثال ذلك دولة البرازيل التى أصبحت ثالث أكثر الدول استخداما للمبيدات وتلى الولايات المتحدة وفرنسا . وتختلف مشاكل إدارة المبيدات في الدول النامية عنها في الدول المتقدمة ويمكن تلخيص هذه المشاكل فيما يلى :

١- عدم وجود التشريعات المناسبة واللازمة لاستخدام المبيدات وآلية لوضعها موضع التنفيذ .

٢- هدايا المبيدات من الشركات المنتجة التى تشجع عدم الاستخدام الأمثل لبقايا المبيدات القديمة والتي بها نفس المادة الفعالة .

٣- التخلص من بقايا المبيدات بواسطة غير المتخصصين وخاصة في زمن الحرب الأهلية في البلاد التي لا يوجد بها حكومات مستقرة .

٤- سوء تداول وتخزين المبيدات وما يمكن أن ينتج عن ذلك من تسرب لهذه المبيدات إلى المجارى المائية والمياه الجوفية .

٥- عدم وجود متخصصين قادرين على استخدام وإضافة المبيدات بطرق علمية سليمة .

٦- استخدام المبيدات لأغراض أخرى مثل استخدامها في قتل الأسماك .

٧- استخدام أوعية المبيدات في الطهو وتخزين مياه الشرب .

ملحـــق

معلومات عامة عن بعض المبيدات وتركيزاتها في مياه الشرب المسموح بها

المبيد	الاسم التجاري	النوع	التركيز في مياه الشرب ug/l
Alachlor	Lasso	مبيد حشائش	2.0
Aldicarb	Temik	مبيد حشرى ونيماتودا	10.0
Aldrin	Octalene	مبيد حشرى	0.03
Atrazine	A Atrex	مبيد حشائشس (في الذرة – قصب السكر–موالح)	3.0
Bentazon	Basagran	مبيد حشائش (حشائش ذات آلياف عريضة في فول الصويا والذرة والفول السوداني)	30.0
Carbofuran	Furadan Caraterr	مبيد حشرى ونيماتودى	40
Chlordane	Goxild Crest C-100	مبيد حشرى يستخدم في المنازل للنمل	2.0
2, 4, D	2, 4 Dichloro-phenoxyaceticacid Aqua klee	مبيد حشائش	30.0
Dalapon	Dowpon Ded-Weed	مبيد حشائش	200.0
2, 4- DB	Butyrac Embutox	مبيد حشائش	90.0
Dibromo chloropropane (DBCP)	Nemafume Nemagon	معقم تربة	0.2
1, 2 dichloropropane	Propylene Dichloride 1,2-DCP	معقم تربة	5.0
Endrin	Nendrin	مبيد حشرى (قطن – محاصيل حبوب)	2.0
Ethylene dibromide	Bromofume Nephis	مبيد حشرى	0.05
Glyphosate (4)	Roundup	مبيد حشائش	700
Qamma-HCH Lindane	Lindane	مبيد حشائش	0.2
Heptachlor	Velsicol	مبيد حشرى	0.4

1.0	مبيد حشرى	Anti-Carie	Hex[illegible]
20.0	مبيد فطرى (القمح)	Malate	M[illegible]hlor
10.0	مبيد حشرى	Dual	[illegible]hlor
6.0	مبيد حشائش	Ordram	[illegible]nate
200.0	مبيد حشائش	Vydate	Oxamyl
9.0	مبيد حشرى	Dowicide 7	Pentachlorophenol
20.0	مبيد فطرى وحشرى	Ambush	Permethrin
500.0	مبيد حشرى	Tordon	Picloram
20.0	مبيد حشائش	Rogue	Propanil
9.0	مبيد حشائش	Weedone	2, 4, 5-T
20.0	مبيد حشائش	Treflan	Trifluralin

1- US Environmental Protection Agency, 1990. National Pesticide Survey: Survey Analytes. In: "National Survey of Pesticides in Drinking Water Wells, Phase 1 Report, Office of Water, Office of Pesticides and Toxic Substances, EPA 570/9-90-015, Washington DC.

2- Nowell, L.H. and Resek E.A. 1994. National standards and guidelines for pesticides in water, sediment, and aquatic organisms: Application to water-quality assessments. Volume 140 of " Reviews of Environmental Contamination and Toxicology",

3- World Health Organization, 1993. Guidelines for drinking water quality; Volume 1: Recommendations. World Health Organization, Geneva Second Edition.



المراجـــــع

1- Al-Durrah, M.M. and J.M. Bradford (1982). The Mechanism of Raindrop Splash on Soil Surfaces. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1086 - 1090.

2- Avcievala, S. 1991. The nature of water pollution in developing countries. Natural Resources Series No. 26. UNDTCD, United Nations, New York.

3- Bangay, G.E. 1976. Livestock and poultry wastes in the Great Lakes Basin: environmental concerns and management issues. Social Science Series No. 15. Environment Canada.

4- Barrows, H.L. and V.J. Kilmer (1963). Plant Nutrient Losses from Soils by Water Erosion. Adv. Agron. 15: 303 - 316.

5- Bennett, O.L.; E.L. Mathias and P.E. Lundberg (1973). Crop Responses to No. Till Management on Hilly Terrain. Agron. J. 65: 488 - 491.

6- Brady, N.C. (1990). The Nature and Properties of Soils. Macmillan Publishing Company, New York.

7- Chapman, D. 1992. Water Quality Assessments. Chapman and Hall, London.

8- Dissmeyer, G.E. and G.R. Foster (1981). Estimating the Cover- management Factor (C) in the Univeral Soil Loss Equation for Forest Conditions. J. Soil Water Cons. 36: 235 - 240.

9- ECE. 1992. Protection of Inland Water Against Eutrophication. United Nations Economic Commission for Europe, Paper # ECE/ENVWA/26, Geneva.

10-FAO. 1990. Water and Sustainable Agricultural Development: A strategy for the implementation of the Mar del Plata Action Plan for the 1990s. FAO, Rome.

11-FAO. 1993a. An overview of pollution of water by agriculture. J.A. Sagardoy. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities, Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 19-26.

12-FAO. 1993b. Field Measurement of Soil Erosion and Runoff. N.W. Hudson. FAO Soils Bulletin No. 68. FAO, Rome.

13- FAO/ECE. 19[illegible]. Legislation and Measures for the Solving of Environmental Problems Resulting from Agricultural Practices (With Particular Reference to Soil, Air and Water), Their Economic Consequences and Impact on Agrarian Structures and Farm Rationalization. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) and FAO, Agri/Agrarian Structures and Farm Rationalization Report No. 7. United Nations, Geneva.

14-Gilliom, R.J. 1984. Pesticides in rivers of the United States. National Water Summary, 1984 United States Geological Survey Water Supply Papply Paper 2275. Washington DC. Pp. 85-92.

15-Ignazi, J.C. 1993. Improving nitrogen management in irrigated, intensely cultivated areas: the approach in France. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 247-261.

16-Janus, L.L. and Vollenweider, R.A. 1981. The OECD Cooperative Programme on Eutrophication: Summary Report – Canadian Contribution. Inland Waters Directorate Scientific Series No. 131, Environment Canada, Burlington, Ontario, Canada.

17-Miller, E.R. and R.L. Donahue (1990). Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth. Prentice-Hall International, Inc. N. J.

18-Mills, W.B. et al. 1985. Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants, EPA-600/6-82-004a & b, Volumes I and II. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.

19-Ongley, E.D. 1987. Scale effects in fluvial sediment-associated chemical data. Hydrological Processes 1: 171-179.

20-Ongley, E.D. 1994. Global water pollution: challenges and opportunities. Proceedings: Integrated Measures to Overcome Barriers to Minimizing Harmful Fluxes from Land to Water. Publication No. 3, Stockholm Water Symposium, 10-14 Aug. 1993., Stockholm, Sweden. pp. 23-30.

21-Ongley, E.D., Krishnappan, B.G., Droppo, I.G., Rao, S.S. and Maguire, R.J. 1992. Cohesive sediment transport: emerging issues for toxic chemical management. Hydrobiologia 235/236: 177-187.

22-Piper, Steven (1989) Measuring Particulate Pollution Damage from Wind Erosion in the Western United States. J. Soil Water Cons. 44: 70 - 75.

23-Rhoades, J.D. 1993. Reducing salinization of soil and water by improving irrigation and drainage management. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activiries. Proceedings of the EAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 291-320.

24-Rickert, D. 1993. Water quality assessment to determine the nature and extent of water pollution by agriculture and related activities. In: Prevention of Water Pollution by Agriclture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 October, 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 171-194.

25-RIVM. 1992. The Environment in Europe: A Global Perspective. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Netherlands.

26-Schottler, S.P., Elsenreich, S.J. and Capel, P.D. 1994. Atrazine, alachlor and Cyanazine in a large agricultural river system. Environ. Sci. Technol. 28: 1079-1089.

27-Siddoway, F.H. (1970). Barriers for Wind Erosion Control and Water Conservation. J. Soil Water Cons. 25: 180 - 184.

28-Stephenson, G.A. and Solomon, K.R. 1993. Pesticides and Environment. Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

29-Stevenson, F.J. 1965. Origin and distribution of nitrogone in soil. In: Soil Nitrogen. W.V. Bartholomew and F.E. Clark (eds.). Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

30-Stocking, M. 1985. Erosion-Induced Loss in Soil Productivity: A Research Design. Consultants Working Paper No. 2, Soil Conservation Programme, Land and Water Development Division, FAO, Rome.

31-UNEP. 1993. The Aral Sea: Diagnostic study for the development of an Action Plan for the conservation of the Aral Sea. Nairobi.

32-United Nations. 1992. Protection of the quality and supply of freshwater resources: application of integrated approaches to the development, management and use of water resources. Chapter 18, Agenda 21, Report of the United Nations Conference on Environment and Development. United Nations, New York.

33-Wischmeier, W.H. 1976. Use and misuse of the universal soil loss equation, J. Soil Water Conserv. 31, 5-9.

34-Wischmeier, W.H. and D.D. Smith (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA Agric. Handbook No. 537.

35-Woodruff, N.P. and F. H. Siddoway (1965). A Wind Erosion Equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 602 - 608.

36-WWF. 1992. Pesticide reduction programmes in Denmark, the Netherlands, and Sweden. A WWF International Research Report, World Wide Fund for Nature International, Switzerland. (including "The pesticide reduction progamme in Denmark: Update". n.d.).

- د. محمود فيصل الرفاعى: "أهمية إستثمار الماء في نهضه الوطن العربى– العلم والتكنولوجيا – مجله معهد الأتحاد العربى ببيروت العدد 18-17 يوليو 1989 . صـــ 14 .

- د. عادل أبو زهرة: "النيل أهميته وأهمية الحفاظ عليه ندوة – الأسكندرية 2000 " .

- د. عبد المنعم بلبع: " الأرض والماء والتنمية في الوطن العربى – منشأة المعارف 1999 " .